DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Zehnter Jahrgang. 7. Juli 1922. Heft 27.

Über Hörbigers Glazialkosmogonie.

Von A. Prey, Prag.

Der Grundzug des Werkes[1]) besteht außer in einer ganz neuen Weltentstehungstheorie, in einem Kampfe gegen alle zunftmäßigen Gelehrten, welche angeblich in dem Ideenkreise der Laplaceschen Theorie derart verstrickt sind, daß sie etwas Besseres nicht sehen können und nicht sehen wollen. Jeder Forscher richte alle seine Untersuchungen so ein, daß sie zu einer Stütze der Laplaceschen Theorie werden müssen. Bevor daher auf die neue Kosmogonie eingegangen werden kann, müssen einige Worte zur Verteidigung der modernen Wissenschaft gesprochen werden, um so mehr, als die Lehre namentlich in Laienkreisen von Tag zu Tag an Anhang gewinnt. Zunächst darf man doch einem ernsten Gelehrten nicht zumuten, daß er sich durch vorgefaßte Meinungen beeinflussen läßt; ganz unmöglich ist dies aber in mathematischen Untersuchungen. So ist es z. B. gewiß falsch, zu behaupten, *Laplace* habe sich den Satz von der Unveränderlichkeit der großen Achsen der Planetenbahnen in den Kopf gesetzt, und darum habe er auch einen Beweis dafür flugs bei der Hand gehabt. Ich bin im Gegenteil der Überzeugung, daß *Laplace* von diesem Resultat zunächst aufs äußerste überrascht war. Natürlich gilt es nur unter den Bedingungen, unter denen es abgeleitet wurde, also z. B. nicht mehr für die Bewegung im widerstehenden Mittel und nicht für unbegrenzte Zeiträume, ein Umstand, der allen Astronomen bekannt ist. Was nun *Laplaces* Weltentstehungstheorie anbelangt, so weiß jedermann, daß sie zahlreiche Schwächen hat und allseits Schwierigkeiten bietet, und niemand hält sie für ein Dogma, mit dem man nicht in Widerspruch geraten dürfe. Es liegen vielmehr schon zahlreiche Versuche vor, die Weltentstehung auf anderem Wege zu erklären. Auch die Darwinsche Theorie von der Flutreibung und ihrer Wirkung auf die Mondbewegung und die Erdrotation, die *Hörbiger* ebenfalls für einen Glaubensartikel der Astronomen hält, wurde erst in jüngster Zeit von *Schweydar* als ganz unzutreffend erklärt, ohne daß darüber irgendwo eine größere Aufregung bemerkbar geworden wäre. Überhaupt ist der Autoritätsglaube in Gelehrtenkreisen gar nicht so verbreitet. Im Gegenteil: je größer der Gelehrte, desto größere Genugtuung bereitet es, ihm einen Fehler nachzuweisen. Läßt sich aber an einer Sache gar nichts bemängeln, dann ist sie eben wirklich sehr gut und kann mit voller Berechtigung als Grundlage für weitere Untersuchungen dienen. Geistloses Nachbeten wird man selten finden.

Noch ein zweiter Punkt muß beleuchtet werden. Wenn eine neue Theorie vorgebracht werden soll, so muß es in einer Form geschehen, die ihre Beurteilung einigermaßen erleichtert. Das ist aber hier nicht der Fall. Es liegt ein Band von 740 Seiten vor, von denen mindestens 600 zu viel sind. Diese außerordentliche Breite findet ihre Ursache darin, daß in jedem einzelnen Satze immer alles wieder und nochmals gesagt werden soll. Dabei wird man jedesmal mit einem ganzen Kübel neuer technischer Ausdrücke überschüttet, so daß das Lesen des Buches zu einer Qual wird. Der Verfasser darf sich also nicht wundern, wenn seine Lehre in wissenschaftlichen Kreisen nicht viel Verbreitung gefunden hat. Ferner geht es nicht an, angesehene Gelehrte, wie etwa *Darwin* oder *Helmholtz*, mit überlegenem Lächeln und spöttischen Bemerkungen abzutun, namentlich wenn dabei sichtbar wird, daß die betreffenden Theorien gar nicht verstanden wurden. Was aber alle Resultate des Verfassers von vornherein diskreditiert, sind die groben Verstöße, welche gegen die einfachsten Sätze der Mechanik gemacht werden. So werden z. B. die Astronomen in belehrendem Tone auf die so interessanten Kreiselgesetze aufmerksam gemacht, von denen sie offenbar nichts wissen. In der Tat ist uns ein Gesetz nicht bekannt, nach welchem durch die „bekannte kreiselachsenwankende Präzessionserscheinung die Schiefe der Ekliptik entsteht“ (S. 352). Viele von des Verfassers Resultaten bauen sich auf solchen Fehlern auf. Eine weitere Quelle des Übels ist der Umstand, daß der Verfasser den mathematisch-analytischen Weg prinzipiell verwirft. Die Bewegungsvorgänge werden ausschließlich nach dem Gefühle beurteilt, wodurch nur ganz verwaschene und auch ganz unrichtige Resultate gewonnen werden; überhaupt ist dabei der Willkür Tür und Tor geöffnet, und es läßt sich auf diesem Wege beweisen, was man will.

I. *Hörbigers* Theorie beruht auf folgenden Grundgedanken (S. 63 ff. und S. 541 ff.): 1. Es gibt im Weltraum ein widerstehendes Mittel, allerdings von außerordentlicher Feinheit, welches sich aber doch in den Bewegungserscheinungen der Himmelskörper im Laufe langer Zeiträume geltend macht. Der Verfasser denkt dabei an Wasserstoff in äußerster Verdünnung. Gegen diesen Grundsatz läßt sich nichts Wesentliches

[1]) *Hörbigers* Glazialkosmogonie, eine neue Entwicklungsgeschichte des Weltalls und des Sonnensystems, bearbeitet, mit eigenen Erfahrungen gestützt und herausgegeben von *Th. Fauth*.

einwenden, wenn auch bisher ein solcher Einfluß nie nachgewiesen wurde; nur beim Enckeschen Kometen hat man diese Hypothese verfolgt. 2. Es gibt im Weltraum Eiskörper von großer Zahl und in allen Größen. Durch ihren Sturz auf die Sonne veranlassen sie alle daselbst beobachteten Vorgänge. Wir sehen sie als Sternschnuppen, und sie sind auch Ursache der Hagelschläge. Stürzt ein sehr großer Eiskörper in einen Fixstern, so entsteht eine Explosion, welche zur Entstehung eines neuen Sonnensystems führen kann. Die Existenz dieser Eiskörper ist der Kernpunkt der ganzen Theorie. Die Frage, ob freies Eis im Weltraum überhaupt existieren kann, wage ich nicht zu entscheiden. Es wirken hier zwei Umstände einander entgegen: Der geringe Druck, der die Verdunstung begünstigt, und die niedere Temperatur, die sie verzögert. Keinesfalls aber darf man die Einwirkung der Sonne dadurch aus der Welt schaffen, daß man behauptet, sie besitze keine Wärmestrahlen (S. 59 und 541). 3. In größerer Entfernung von einer schweren Masse nimmt die Anziehung rascher ab als nach der 2. Potenz der Entfernung, und ist auf weitere Distanzen dann direkt gleich Null: bei der Sonne schon in etwa 2—5facher (S. 602) Entfernung des Neptun. Auch diesen Grundsatz darf man nicht von vornherein verwerfen, denn daß das Newtonsche Gravitationsgesetz bis in alle Entfernungen mit voller Genauigkeit gilt, ist wohl nicht notwendig; sehr unwahrscheinlich aber ist es, daß schon in so geringer Distanz ein vollständiges Versagen eintreten sollte, selbst wenn man geneigt wäre, alle kleinen und bisher unerklärten Abweichungen in der Bahn des Neptun, die man derzeit einem transneptunischen Planeten zuschreibt, dem Gravitationsgesetz zur Last zu legen. Der Verfasser will mit dieser Annahme die Gravitation aus den Fixsternbewegungen ausschalten. Dazu wäre aber keine Änderung des Newtonschen Gesetzes notwendig. Die Distanzen sind so groß, daß an eine merkliche Beeinflussung ohnehin nicht gedacht werden kann. Jedenfalls aber glaubt niemand, wie der Verfasser den Astronomen zumutet, daß z. B. die „Bärenfamilie" einer in der Richtung ihrer Bewegung liegenden Kraft folgt, oder daß die Sonne nach dem Hercules gezogen wird. Man glaubt vielmehr allgemein in Übereinstimmung mit *Hörbiger*, daß die Sterne im wesentlichen nur ihrer Trägheit folgen. Ob die Gravitation bei der ganzen Gestaltung des Systems eine Rolle spielt, ist uns vorläufig unbekannt.

Wir wollen nun in kurzem die Theorie resümieren und dann später die Einwände bringen und auf die Fehler aufmerksam machen. Den Ursprung des Sonnensystems stellt sich der Verfasser folgendermaßen vor. In eine Riesensonne stürzt ein Begleiter, der entweder ganz aus Eis besteht oder wenigstens mit einer viele Kilometer dicken Eisschicht überdeckt ist. Der plötzliche Einsturz in den heißen Hauptkörper hat eine außerordentliche Dampfentwicklung zur Folge. Da aber der Körper gleich in eine größere Tiefe gelangt, so kann der Dampf nicht sofort entweichen und erhält daher eine außerordentliche Spannung. Man kann auch denken, daß das Wasser in flüssiger Form bleibt, aber in einen Zustand der Überhitzung und des Siedeverzuges gerät. Kurz: wenn eine gewisse Grenze überschritten ist, endet der Vorgang mit einer ungeheuren Explosion. Eine solche Explosion auf einer Riesensonne in der Gegend des Sternbildes der Taube, bei welcher eine größere Anzahl von Körpern in der Richtung nach dem Hercules fortgeschleudert wurden, ist der Ursprung der Sonne.

Hier ist gleich ein Einwand zu machen; solche Riesensonnen, wie der Verfasser annimmt — er spricht von 1 000 000 Sonnenmassen (S. 576) —, gibt es nicht. Er wurde dazu wohl durch den Ausdruck „Riesensterne" verführt. Man hat aber allen Grund, anzunehmen, daß diese Sterne nur Riesen sind dem Volumen nach, und nicht nach der Masse, indem die Riesen auf dem Wege normaler Entwicklung mit der Zeit Zwerge werden. Übrigens ist die Sache für das Folgende ziemlich unwesentlich.

Die Art und Weise, wie sich nun die Sache bei *Hörbiger* weiter entwickelt, ist so unklar und schleierhaft, daß man sich überhaupt keine rechte Vorstellung machen kann; es soll dies nicht als Fehler gerechnet werden, denn in dieser Hinsicht sind andere Kosmogonien auch nicht besser. Es soll also nur mitgeteilt werden, was für eine Konfiguration sich schließlich ergibt. In der Mitte steht die Sonne; um sie kreisen zunächst die vier inneren Planeten, zwischen Mars und Erde aber der Mond, in einem früheren Zustande noch als ein selbständiger Planet, und etwa noch ein paar kleine Körper der gleichen Art. Diese Planeten haben einen verhältnismäßig kleinen Kern aus Masse von der Dichte 5,5, wie die Erde, sind aber mit einer mächtigen Eisschicht umgeben, und auch die feste Masse ist bis tief hinein von Wasser durchtränkt. Daraus erklärt sich die geringere mittlere Dichte dieser Körper. Nur die Erde ist derzeit eisfrei. Es ist sehr merkwürdig, daß gerade bei dem einzigen Planeten, von dem wir etwas Sicheres wissen, eine Ausnahme stattfindet.

Die vier äußeren Planeten sind ganz aus Eis, ebenso die kleinen Planeten. Außerhalb des Neptun gibt es noch einen Gürtel von Eisplanetoiden, und endlich ist das Ganze umgeben von einem Ring, bestehend aus vielen Tausenden oder Millionen von kleineren und größeren Eiskörpern, welche im reflektierten Sonnenlicht erglänzen, und welche uns das Schauspiel der Milchstraße und zwar ihres nebelhaften Teiles bieten. Die Bahnen der Planeten liegen in der Ekliptik, von Neptun ab aber, durch die außerneptunischen Planeten hindurch, ändert sich die Fundamentalebene, bis sie im Eisringe in die Ebene der Milchstraße übergeht. Hier befinden wir uns bereits in einer Entfernung, wo die Anziehung der Sonne gleich Null ist. Von dieser nebelhaften Milch-

straße ist diejenige, welche aus einer Sternzusammendrängung besteht, und die mit der anderen einen kleinen Winkel einschließt, scharf zu unterscheiden. Aber auch diese besteht aus Körpern, welche von der ursprünglichen Explosion stammen, und alles zusammen hat eine gemeinsame Geschwindigkeit von etwa 20 km/sec. in der Richtung nach dem Hercules.

Diese etwas komplizierte Anordnung wäre also das Resultat der großen Explosion. Es spielt dabei die Anordnung nach dem spezifischen Gewicht eine Rolle; ferner wird von einem Glutkreisel gesprochen, dessen Mitte die Sonne bildet, an welchem das umgebende Mittel wie in einer Zentrifugalluftpumpe beteiligt ist. Jedenfalls hat man bei der Lektüre dieses Kapitels das Gefühl, daß der Verfasser gerade jenen Problemen, die *Laplace* mit seiner Theorie zu lösen trachtet, aus dem Wege gegangen ist; so bleibt z. B. die gleichsinnige Bewegung der Planeten ganz unerklärt. Wenn man sich aber diesen Glutkreisel ansieht und bemerkt, daß sich die Eismassen der Milchstraße doch in einem Ring anordnen, so wird man zugeben müssen, daß der böse *Laplace* auch hier Gevatter gestanden.

Das Eis, welches hier eine so große Rolle spielt, stammt noch von dem in die Riesensonne eingestürzten Begleiter und wurde, bevor es zum Schmelzen kam, durch die Explosion hinausgerissen.

Ursprünglich lagen alle Bahnen in einer Ebene, welche mit der der Milchstraße zusammenfallend gedacht ist. Durch den Widerstand des Mittels aber haben sich die Bahnen der Planeten aufgerichtet, um sich quer zur Bewegung gegen den Hercules zu stellen. Zum mechanischen Beweis für diesen Vorgang nimmt der Verfasser hier das Kreiselgesetz in Anspruch (S. 98 u. 177). Das ist nun natürlich ein grober Fehler. Ein Planetensystem darf nicht nach dem Kreiselgesetz behandelt werden. Die merkwürdigen Erscheinungen, die der Kreisel bietet, sind ja nur darin begründet, daß er auf irgendeine Kraft, welche an ihm angreift, mit der ganzen Trägheit seiner rotierenden Masse reagiert; es ist also die feste Verbindung unter den Teilen, die dafür maßgebend ist. Die Massen der Planeten sind voneinander unabhängig, sie müssen nach der Mechanik diskreter Punkte behandelt werden, deren spezielle Form, die hier in Betracht kommt, die Störungstheorie ist.

Der Widerstand ist von der Geschwindigkeit abhängig; diese setzt sich zusammen aus der relativen Geschwindigkeit des Planeten um die Sonne und der linearen Geschwindigkeit der Sonne im Raume[2]). Nimmt man an, daß der Widerstand der 1. Potenz der Geschwindigkeit proportional ist, so findet man nach den Gleichungen (*Tisserand*, Bd. *I*, S. 433), daß in der Neigung und im Knoten der Bahn (etwa im Verhältnis zu einer Ebene senkrecht zur Sonnengeschwindigkeit) nur Störungen von der Periode eines Umlaufes auftreten, aber keine säkulären Störungen. Ist der Widerstand aber dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional, so tritt tatsächlich eine fortschreitende Änderung der Neigung im gewünschten Sinne auf, die Knotenlage aber bleibt konstant. Das Kreiselgesetz würde aber ganz etwas anderes verlangen: es müßte der Knoten bei konstanter Neigung wandern, oder die Senkrechte zur Bahnebene würde einen Kegel konstanter Öffnung um die Richtung der Sonnengeschwindigkeit beschreiben. Nach dem Verfasser sollte aber beides eintreten: Neigungs- und Knotenänderung. Es wird also ein Gesetz herangezogen, das gar nicht hergehört, dieses wird überdies noch falsch angewendet, und nur durch Zufall ergibt sich wenigstens in bezug auf die Neigung ein richtiges Resultat.

Die einzelnen Planeten werden dabei verschieden beeinflußt je nach Größe und Masse. Inwieweit dabei Jupiter, als der größte, imstande ist, alle anderen Planeten in seiner Ebene zu erhalten, müßte eine spezielle Untersuchung zeigen.

II. Wir wenden uns nun zu dem Mechanismus, durch welchen aus dem „galaktischen Eisring" das Eis zur Sonne gelangt (S. 123 ff u. 605 ff.). Nach *Hörbiger* werden die Eiskörper je nach ihrer Größe einen verschiedenen Einfluß des widerstehenden Mittels erfahren und daher auf dem Wege nach dem Hercules langsam gegen die Sonne zurückbleiben, welche ihrerseits infolge ihrer großen Masse den Widerstand am leichtesten überwindet. Indem so aus allen Teilen des Eisringes Teile zurückbleiben, entsteht der sogenannte „Eisschleier". Die ursprünglich geradlinigen Bahnen werden nun durch die Anziehung der Sonne gekrümmt, und dadurch der Eisschleier wie ein Vorhang zur Sonne gerafft, es entsteht der Eisschleierkonus, dessen Spitze in die Sonne fällt. Dabei findet eine Größensortierung statt, derart, daß die Vorderseite des Kegels die größeren Körper enthält, die Hinterseite die kleineren, da wegen des verschiedenen Widerstandes die Bahnformen verschieden ausfallen. Mit dem Einsturz der Eiskörper in die Sonne werden nun die Sonnenflecken mit ihrer ganzen Anordnung nach Ort und Zeit erklärt. Andererseits wird dieser Eisschleierkonus von der Erdbahn an zwei Stellen geschnitten. Wenn nun die Erde zu bestimmten Zeiten des Jahres diese kritischen Stellen passiert, erlebt sie einen Sternschnuppenfall, indem nach Ansicht des Verfassers die Sternschnuppen eben nichts anderes sind als die zur Sonne eilenden Eiskörper. In Fig. 1 ist beiläufig angedeutet, wie sich der Verfasser dies vorstellt. In der Mitte steht die Sonne, stark vergrößert gezeichnet, umgeben von

[2]) Wir können nicht wissen, ob der Sonne nicht vielleicht noch eine Bewegung mit dem ganzen Fixsternsystem zukommt. Andererseits ist der Begriff der absoluten Bewegung nach moderner Auffassung überhaupt nicht brauchbar. Man kommt also eigentlich ins Uferlose.

der Erdbahn; man sieht den einmündenden Eisschleierkonus, der von der Erdbahn in den Punkten E_1 und E_2 gekreuzt wird. Die ursprüngliche Lage des Eisschleiers, aus dem der Konus durch die Anziehung der Sonne herausgehoben wird, hat man sich etwa 60° gegen die Erdbahn geneigt zu denken.

Auch hier kann man ohne mathematische Überlegung nicht sagen, was geschieht. Ich habe mir daher ein Beispiel konstruiert, welches etwa der Hörbigerschen Annahme entspricht. Die Eis-Milchstraße befinde sich in 5facher Neptunentfernung, das sind 150 astronomische Einheiten (Erdweiten), und bewege sich zunächst gleichzeitig mit der Sonne mit einer Geschwindigkeit von 20 km/sec. in der Richtung nach dem Hercules, eine Richtung, welche etwa 17° von der Ebene der Milchstraße abweicht. In einem gewissen Zeitpunkte fange ein Körper an unter dem Einfluß des Widerstandes zurückzubleiben. Ich nehme ferner an, daß der Körper von Anfang an der vollen Newtonschen Anziehung unterworfen ist, wobei bemerkt werden muß, daß diese Annahme für das Erreichen der Sonne noch günstiger ist als die, die *Hörbiger* selbst macht, nämlich, daß draußen die Anziehung gleich Null ist. Bei den großen Entfernungen ist übrigens der Unterschied ganz unwesentlich.

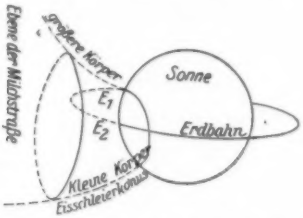


Fig. 1. Die Sonne und die Erdbahn in ihrem Verhältnis zum Eisschleierkonus.

Um die Aufgabe numerisch behandeln zu können, muß zunächst festgestellt werden, wie groß der Widerstand des Mittels überhaupt sein darf.

Der Einfluß des Widerstandes ist der Masse m des Körpers verkehrt, seinem Querschnitt q gerade proportioniert. Nehmen wir endlich wieder an, daß der Widerstand vom Quadrat der Geschwindigkeit v abhänge, so erhalten wir den Ausdruck $\frac{\varkappa q v^2}{m}$, wo $\varkappa$ eine Konstante bezeichnet. Für eine Kugel vom Radius r und der Dichte ϱ wird daraus $\frac{\lambda}{r\varrho}$, wo λ eine neue Konstante bezeichnet. Für die Konstante λ habe ich den Wert $2 \cdot 10^{-7}$ angenommen.

Wir wollen zuerst untersuchen, inwieweit dieser Wert mit den Verhältnissen des Planetensystems verträglich ist. Für die Erde ist $r = 4{,}3 \cdot 10^{-5}$ und $\varrho = 8{,}4 \cdot 10^{6}$ in astronomischen Einheiten. Unter der Annahme einer Bahngeschwindigkeit der Erde von 30 km/sec. und einer Geschwindigkeit von 20 km/sec. mit der Sonne findet man eine Verkürzung der Umlaufszeit der Erde um jährlich 0,001 sec. Das ist zulässig, denn die Summe der 2000 Jahre, welche uns von der Antike trennen, wird dadurch nur um 0,55 Stunden geändert. Der zehnfache Wert wäre wohl nicht mehr gut mit den antiken Beobachtungen zu vereinbaren[3]).

Wendet man aber den obigen Wert von λ auf den inneren Marsmond an, so findet man eine Verkürzung von 0,0003 sec. pro Umlauf. Da nun dieser Mond beiläufig 1000 Umläufe im Jahre macht, so würde die Summe aller Umläufe der 40 Jahre, seit seiner Entdeckung um 240 000 sec., der ersten 20 Jahre: um 60 000 sec. verkürzt erscheinen; in 60 000 sec. macht aber der Mond mehr als zwei Umläufe. Es würde auch aus der ersten Hälfte eine um 9 sec. längere Umlaufszeit folgen als aus der zweiten. Diese Verhältnisse wären nicht verborgen geblieben. Der obige Wert von λ ist also jedenfalls sehr groß gewählt. Ich habe nun zunächst einen sehr kleinen Eiskörper gewählt, bei dem der Widerstand sehr viel ausgibt. Es sei $r = 0{,}5$ cm;

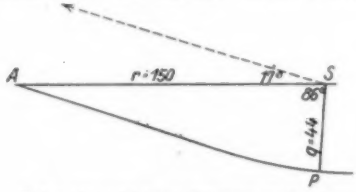


Fig. 2. Bahn eines kleinen Körpers unter dem Einfluß eines im Raume ruhenden widerstehenden Mittels.

der Widerstand wirkt dann etwa 10^9mal stärker als bei der Erde. Unter der Voraussetzung, daß das Medium ruht, wie es doch die Idee des Zurückbleibens der Körper verlangt, wurde nun die relative Bahn um die Sonne numerisch berechnet. Als Ausgangspunkt wurde der Punkt des galaktischen Eisringes gewählt, der die gleiche galaktische Länge hat wie der Sonnenapex; seine Entfernung von der Sonne wurde mit 150 Erdweiten angenommen. Die Bahn ist in Fig. 2 gezeichnet. Der Körper erreicht sein Perihel P in einer Entfernung von 44 Erdweiten (gleich 1½ Neptunfernen) unter einem Positionswinkel von 86° gegenüber der Richtung nach dem Ausgangspunkt. Die relative Geschwindigkeit gegen die Sonne ist in P mehr als 20 km. Die Zeit, die der Körper braucht, um von A nach P zu kommen, beträgt 34,5 Jahre. Hätten wir das Gravitationsgesetz im Sinne *Hörbigers* verändert, so müßte P noch weiter draußen liegen.

Die Sache ist aber auch leicht verständlich; der kleine Körper, der einem ungeheuren Widerstand ausgesetzt ist, bleibt nach kurzer Zeit fast

[3]) Vgl. *J. K. Fotheringham*, The secular acceleration of the sun as determined from Hipparchus equinox observations (Monthly Notices vol *LXXVIII*).

unbeweglich im Raum liegen. Die Sonne dagegen, für welche der Widerstand unmerklich ist, bewegt sich mit voller Geschwindigkeit weiter, so daß die ganze relative Geschwindigkeit ausschließlich von der Sonnenbewegung kommt. Sie kann daher auch nicht mehr verschwinden und der Eiskörper daher niemals zur Sonne gelangen: die relative Geschwindigkeit von 20 km übersteigt weit den Grenzwert für eine Parabel, der für die Entfernung von 44 Erdweiten nur 6,4 km/sec. beträgt. — Der Körper beschreibt also eine Hyperbel, die von einer Geraden nicht mehr zu unterscheiden ist, und daran kann kein Widerstand etwas ändern, solange er nicht auch die Sonne merklich bremst. Der Fehler, den der Verfasser hier macht, besteht darin, daß zuerst für das Zurückbleiben aus dem galaktischen Eisring das Mittel ruhend angenommen wird, während für das Hineinstürzen in die Sonne das Mittel an der Sonnenbewegung teilnehmen müßte.

Ich habe noch ein zweites Beispiel berechnet: die Bewegung eines Eiskörpers von 10 km Durchmesser unter sonst gleichen Verhältnissen. Dieser Körper bewegt sich in einer Bahn, die von der geraden Linie AS kaum abweicht; er geht knapp

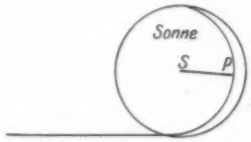


Fig. 3. Bahn eines größeren Körpers unter dem Einfluß eines im Raume ruhenden widerstehenden Mittels.

an S vorbei und erreicht sein Perihel unter nahezu 180°, also auf der Hinterseite der Sonne, in einer Entfernung von $6 \cdot 10^5$ km. Da der Sonnenradius 695 000 km, so stürzt der Körper tatsächlich in die Sonne, aber unter sehr flachem Winkel. Die Einsturzstelle hat eine Länge von etwa 90° (Fig. 3). Die Perihelgeschwindigkeit ist 662 km/sec., und die Zeit, die der Körper braucht, um das Perihel zu erreichen, beträgt 568 Jahre.

Wir erhalten also ein ganz anderes Bild, als der Verfasser. Nur die größten Eiskörper gelangen wirklich zur Sonne (an größere, als in unserm Beispiel 2, denkt der Verfasser überhaupt nicht); kleinere werden hinter der Sonne vorbeigehen und mit einer Geschwindigkeit, welche fast einer parabolischen Bewegung entspricht, wieder in den Weltraum eilen. Die kleinen und kleinsten aber gehen weit draußen an der Sonne vorüber.

Um das Bild zu erhalten, wie es *Hörbiger* braucht, können wir zweierlei versuchen. Entweder wir rücken den galaktischen Eisring viel näher heran, oder wir machen den Widerstand *kleiner*. Bei dem 1. Versuche kommt man sofort auf Widersprüche. Nehmen wir an, die Entfernung sei nur noch 2 Neptunsweiten (60 Erdweiten), so müßte die Milchstraße eine bedeutende Parallaxe zeigen. Der Verfasser bespricht diesen Punkt eingehend (S. 556) und meint, eine solche Parallaxe bliebe unbemerkt, weil von den Zeiten der extremen Verschiebung immer eine in den Tag hineinfällt, wo die Milchstraße unsichtbar ist. Er vermeidet aber anzugeben, wie groß diese Parallaxe sein müßte. Man findet durch leichte Überlegung, daß die gesamte Verschiebung bei 2 Neptunsweiten Entfernung 2° betragen müßte: das ist so viel, daß man das Maximum gar nicht abwarten müßte. Ich glaube sogar, daß diese Erscheinung außerordentlich auffallend wäre, namentlich deshalb, weil die Milchstraße gar keinen so verwaschenen Rand hat. Es nähme fast wunder, daß dies nicht schon die alten Babylonier entdeckt hätten, oder daß man wenigstens in den Zeiten nach *Copernicus* darauf gekommen wäre, als man mit solchem Eifer nach der Fixsternparallaxe suchte.

Ferner: wenn schon die Möglichkeit einer Abweichung vom Newtonschen Gesetz zugegeben wird, so kann man sich doch unmöglich denken, daß in zwei Neptunsweiten die Anziehung schon gleich Null sein soll, um so weniger als *Hörbiger* außerhalb des Neptun noch eine ganze Schar von Planetoiden annimmt.

Endlich erhält man auch hier noch nicht die vom Verfasser verlangte Anordnung. Ich habe für den Körper unseres ersten Beispiels die Bahn berechnet und gefunden, daß er nun sein Perihel in 78,5° Länge und in einer Entfernung von 17 Erdweiten erreicht. Die relative Geschwindigkeit beträgt aber wieder 20 km/sec. und entspricht wieder einer Hyperbel, da die Grenzgeschwindigkeit für die Parabel nur 10,3 km/sec. beträgt. Die Zeit, die der Körper braucht, ist nur 14 Jahre. Also die kleinen Eiskörper kommen auch jetzt nicht zur Sonne.

Wenn wir aber den zweiten Weg gehen wollen, so müssen wir den Widerstand so klein machen, daß der kleine Körper des Beispiels 1 etwa den Weg nimmt, wie der große des Beispiels 2; dazu muß der Widerstand 10^6mal kleiner gemacht werden. Es würde sich aber dann das Erdenjahr nur um 10^{-9} sec. ändern, oder es würde 10^9 Jahre dauern, bis das Jahr um 1 sec. abnimmt. Für einen Körper von Mondgröße, mit viermal kleinerem Radius und halber Dichte, würde die Zahl 8mal kleiner, also rund 10^8. Die Abnahme um einen Tag verlangt dann $8{,}6 \cdot 10^{12}$ Jahre, um 300 Tage: $26 \cdot 10^{14}$ Jahre. Damit also ein Planet von Mondgröße seine Bahn von der Marsbahn bis zur Erdbahn verkleinert, vergehen zweieinhalbtausend Billionen Jahre. Und dieser Vorgang soll sich in geologischer Zeit mehrmals wiederholt haben, denn jede unserer geologischen Perioden hängt nach *Hörbiger* mit dem Aufsturz eines Nachbarplaneten auf die Erde zusammen. Selbst wenn man den Widerstand nur 10^3mal vergrößert, also auf die kleinen Körper ganz verzichtet, bleiben noch immer Zahlen, die viel zu groß sind. Mit anderen Worten, die Schrumpfungshypothese, nach der kleinere Planeten, etwa zwischen Mars und Erde, wozu seinerzeit auch

der Mond gehörte, ihre Bahn verengen und dann auf die Erde stürzen, muß als geologischer Faktor ausscheiden.

Dazu kommt nun noch folgendes. 1. Wenn wirklich die Eiskörper aus dem galaktischen Ring in großer Zahl zurückbleiben, warum erscheint die Milchstraße dann nicht auf der einen Seite verwaschen und gefranst? 2. Die Auslese nach der Größe, die nach Fig. 1 den Eisschleierkonus zur Folge hat, wird natürlich dadurch bedeutend gestört, daß die Bahnen nicht alle den gleichen Ausgangspunkt haben und auch nicht alle von einer idealen, die Milchstraße ersetzenden Kreislinie ausgehen. Die Milchstraße erscheint uns als ein Band von mehr als 20° Breite. Befindet sie sich in 150 Erdweiten Entfernung, so hat sie eine Breite von 50 Erdweiten, also fast 2 Neptunweiten, und man wird ihr auch eine entsprechende Tiefendimension zugestehen müssen. Die Bahnen laufen also gewiß so durcheinander, daß der Eisschleier und der Eisschleierkonus überhaupt nicht entstehen; es ist daher auch nicht möglich, daraus die Periodizität von Sonnenflecken und Sternschnuppen abzuleiten. 3. Man müßte doch auch die größeren Eiskörper als Kometen in unmittelbarer Nähe der Sonne sehen können; die sogenannten teleskopischen Sternschnuppen, die von manchen Beobachtern gesehen wurden, sind doch zu selten, um darauf eine ganze Theorie zu gründen. Von den gewöhnlichen Sternschnuppen wird weiter unten die Rede sein. 4. Das gewichtigste Argument sind aber meines Erachtens die außerordentlich kurzen Zeiten, die aus obigen Beispielen resultieren. Man fragt sich vergebens, wieso der Eisring überhaupt noch bestehen kann, oder was ihn eigentlich noch erhält; warum auch immer nur einzelne Körper zurückbleiben und nicht alle gleichzeitig. Wenn man annimmt, daß das Zurückbleiben erst jetzt beginnt, so müßte in wenigen Jahrhunderten die ganze Milchstraße verschwunden sein; es wäre denn, daß der Eisring sehr viele und sehr große Körper enthält, welche den Widerstand des Mittels nicht empfinden. Vor der ungeheuren Massenanziehung, die durch diesen schiefen Ring entstehen müßte, rettet sich allerdings der Verfasser durch seine Annahme über das Gravitationsgesetz.

Man könnte nun den obigen Ausführungen entgegen halten, daß das Mittel eben nicht als ganz ruhend aufzufassen sei. Es ruht nur draußen beim Eisring, in der Nähe der Sonne aber macht es die Bewegung derselben mit. Ich habe daher auch für den entgegengesetzten Grenzfall, daß das Mittel überall an der Sonnenbewegung teilnimmt, ein Beispiel gerechnet. Der Widerstand wirkt hier gerade entgegengesetzt wie im andern Fall. Im ersten Fall hält der Widerstand die zwei Körper auseinander und verkürzt die Laufzeiten, im zweiten Fall treibt sie der Widerstand zusammen, verlängert aber die Laufzeiten. Für den großen Körper im Beispiel 2 gibt das nichts aus, da er den Widerstand überhaupt wenig fühlt. Der kleine Körper in Beispiel 1 nimmt aber nun seinen Weg direkt zur Sonne, weil der „Seitenwind" fehlt, der bei ruhendem Mittel dadurch entsteht, daß die Bewegungsrichtung der Sonne nicht in die Ebene der Milchstraße fällt. Der Körper braucht nun etwa 3200 Jahre, um hereinzukommen. Dabei ist aber in dem Sinne zu viel gerechnet, als wenigstens ganz draußen das Mittel ruhen muß, sonst fängt das Zurückbleiben überhaupt nicht an, wenn man mit *Hörbiger* annimmt, daß dort die Anziehung gleich Null ist. Der Körper wird also gleich zu Anfang durch das Mittel stark aufgehalten und legt die erste Strecke mit der großen relativen Geschwindigkeit von 20 km/sec. zurück. Aber auch so ist die obige Zahl viel zu klein. Um eine für kosmogonische Begriffe brauchbare Lebensdauer des Eisringes zu erhalten, müßte die Zeit doch wenigstens 1 000 000mal größer sein, was einem 1000mal größeren Widerstand entspricht. Ein solcher aber würde im Planetensystem sich in kürzester Zeit bemerkbar machen: so würde sich die Umlaufszeit der Erde jährlich um eine ganze Sekunde verkürzen, was unmöglich ist.

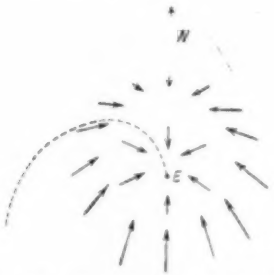


Fig. 4. Das Kraftfeld von Sonne und Erde und die Bahn eines Hagelkörpers nach *Hörbiger*.

Aus allen diesen Darlegungen folgt, daß die Theorie vom Eisschleierkonus überhaupt nicht haltbar ist, nicht nur weil die Bahnen nicht in der verlangten Form und der gewünschten schönen Ordnung verlaufen, sondern weil die Zeit für die ganze Entwicklung zu kurz ausfällt. Damit fällt aber auch die ganze Theorie der Sonnenflecken und Sternschnuppen zusammen.

III. In diesem Zusammenhange muß auch der Hageltheorie des Verfassers gedacht werden. Danach entsteht der Hagel aus Eismeteoren, welche auf ihrem Wege zur Sonne von der Erde aufgefangen werden und in der Luft zerspringen. Die Art und Weise, wie diese Hagelkörper zur Erde gelangen und gerade bei hohem Sonnenstande, also auf der Tagseite der Erde einschießen, wird durch die nebenstehende Fig. 4 erläutert, in welcher das Kraftfeld der Erde und Sonne durch die Richtung und Größe der Anziehung in den einzelnen Punkten dargestellt ist. *E* ist die Erde, *N* der neutrale Punkt zwischen Sonne und Erde, wo sich beide Anziehungen aufheben. Ein

von außen kommender Eiskörper soll nun, dem jeweiligen Zuge der Kraft folgend, eine Bahn beschreiben, wie ich sie durch die punktierte Linie angedeutet habe, derart, daß der Körper endlich von der Sonnenseite auf die Erde kommt. Der Vorgang ist unmöglich. Es wird hier die gleiche falsche Voraussetzung gemacht, die wir schon bei den Bewegungen der Sonne und der Fixsterne gefunden haben, nämlich daß die Körper genau der Richtung der Kraft folgen, während doch schon jeder Steinwurf das Gegenteil beweist. Obiger Vorgang würde eine sehr kleine relative Geschwindigkeit gegen die Erde verlangen, somit eine absolute Geschwindigkeit zwischen 10 und 50 km/sec., andererseits aber müßte der Widerstand so groß sein, daß die entstehende lebendige Kraft im Augenblick wieder vernichtet wird: die erste Bedingung kann nur ein größerer Körper erfüllen, die zweite nur ein ganz kleiner. Die ganze Darlegung des Verfassers hat augenscheinlich den Charakter einer Verlegenheitslösung, um die Erscheinung zu erklären, daß Hagelschläge fast nur bei hohem Sonnenstande eintreten sollen, während seine Meteorhypothese eigentlich Hagelschläge zu allen Tages- und Jahreszeiten gleich wahrscheinlich macht, namentlich wenn in dem Eisschleierkonus nicht die gewünschte Ordnung herrscht.

Die obige Hageltheorie steht im engsten Zusammenhange mit der Theorie der Sternschnuppen. Diese sollen auch nichts anderes sein als Eiskörper, welche im reflektierten Sonnenlichte leuchten. Sie können daher nach *Hörbigers* Ansicht nur dort gesehen werden, wo ihnen nicht durch den Schattenkegel der Erde das Licht entzogen wird. Ihr Erlöschen wäre also durch den Eintritt in den Schattenkegel bedingt. Diese Sache läßt sich leicht prüfen: man braucht nur zu untersuchen, ob man nie Sternschnuppen in der Nähe des Gegenpunktes der Sonne gesehen hat. In der Tat aber fand sich schon unter den wenigen Sternschnuppen, die am 10. August 1921 an der hiesigen Sternwarte beobachtet werden konnten, eine, die nur 20° vom Gegenpunkte der Sonne entfernt erloschen ist. Soll dieses Erlöschen durch den Eintritt in den Schattenkegel hervorgerufen worden sein, müßte die Sternschnuppe in einer Höhe von drei Erdradien oder etwa 19 000 km gelaufen sein. Sie hat einen Bogen von ca. 10° zurückgelegt; nimmt man an, sie habe dazu eine ganze Sekunde gebraucht, was für eine Sternschnuppe schon sehr viel ist, so folgt eine Geschwindigkeit von 3000 km/sec., ein ganz unmögliches Resultat.

Bei dieser Gelegenheit müssen auch über das Einfangen von Weltkörpern ein paar Worte gesprochen werden. *Hörbiger* scheint zu glauben, daß ein kleiner Planet, der durch den Widerstand eine solche Bahnschrumpfung erlitten hat, daß er einem andern nun sehr nahe kommen kann, dann längere Zeit in fast gleichem Tempo neben diesem laufen wird. Das ist natürlich unmöglich. Durch die gegenseitige Anziehung wird der kleine Körper eine sehr große Geschwindigkeit erhalten, und diese wird in den meisten Fällen hinreichen, ihn aus der gefährlichen Zone herauszureißen; er wird seine Bahn wesentlich ändern, und ob er dem andern Planeten jemals wieder nahe kommen wird, ist sehr zweifelhaft. Die Ansicht, daß also jeder Planet, bei Verkleinerung seiner Bahn rettungslos seinem nächsten Nachbar verfallen ist, ist ganz unrichtig. Es ist daher sehr unwahrscheinlich, daß die Erde schon eine ganze Reihe solcher Körper gefangen und ihrer Masse einverleibt hat. (*F. Nölke*, Die Glazialkosmogonie von *Hörbiger-Fauth*, Beilage zu *Petermanns* Mitteilungen, Dez. 1914.)

Wieso endlich durch die Vorgänge, die *Hörbiger* einführt, also durch das Einstürzen von Eis in die Sonne und Rückkehr desselben in den Weltenraum infolge explosiver Siedeerscheinungen, der Entropiesatz ausgeschaltet und der Wärmetod vermieden sein soll (S. 297), ist nicht einzusehen, da kein Vorgang eingeführt wird, der sich diesen Gesetzen nicht fügt. Solange eine genügende Temperaturdifferenz zwischen der Sonne und dem Eis besteht, so lange kann der Vorgang weitergehen; wenn aber durch die fortwährenden und unvermeidlichen Wärmeverluste die Temperatur hinlänglich gesunken ist, dann hört er eben auf.

IV. Was den meteorologischen und geologischen Teil anbelangt, so bin ich nicht Fachmann genug, um alles im einzelnen prüfen zu können; soweit jedoch rein physikalische und astronomische Fragen hineinspielen, sei hier noch einiges erwähnt. Auf die Unmöglichkeit, die Erde jährlich mit so viel kosmischem Wasser zu beladen, hat schon *Nölke* hingewiesen (Naturw. Wochenschrift 1921, Nr. 21). Unsere Kenntnisse von der Mondbahn lassen dies nicht zu, weil dem Wasserzuwachs, trotz *Hörbigers* gegenteiliger Behauptung, gar keine Verluste entsprechen.

Es sei noch auf einen anderen Fehler hingewiesen, welcher bei der Erklärung der halbtägigen Welle des Luftdruckes gemacht wird (S. 215). Nach *Hörbiger* sendet die Sonne ununterbrochen einen Strom von Feineis gegen die Erde. Dieses übt auf der der Sonne zugewendeten Seite auf die atmosphärische Luft einen Druck aus, derart, daß die Luft gegen die Schattengrenze verschoben und wie ein Wall aufgestaut wird. Hier am Rande soll nun das Maximum entstehen, während in der Mitte der Druck infolge des Wegschiebens der Luft sinkt. Der Verfasser vergißt, daß die Luft nur weggestaut bleiben kann, wenn der Druck in der Mitte hoch bleibt. Man muß eben den vom Feineisstrom ausgeübten Druck mitzählen, da ihn auch das Barometer anzeigt. Dieses zeigt die Spannung der Luft, ganz gleichgültig, auf welchem Wege diese zustande kommt.

Auch im geologischen Teil ist auf ein grobes

Versehen hinzuweisen. Es wird behauptet, daß, wenn Mond und Erde sich immer die gleiche Seite zuwenden, der Mond auf der Erde einen Flutberg hervorbringen müßte, der die Höhe von vielen hundert Metern erreicht. Das ist natürlich falsch. Es ist richtig, daß die Flutkraft horizontale Komponenten liefert, welche das Wasser gegen jenen Punkt ziehen, wo der Mond im Zenit steht; es ist aber nicht richtig, zu behaupten, daß die Astronomen davon nichts wissen, da doch seit *Laplace* alle Fluttheorien ausschließlich auf den Horizontalkräften aufgebaut sind. Die Vertikalkräfte kommen eben gegen die Schwere nicht auf. Man darf aber nicht glauben, daß diese Horizontalkräfte beständig derart wirksam bleiben, daß sie immer weiter Wasser gegen den Zenitpunkt schaffen. Im Gegenteil, diese Komponenten verschwinden in dem Augenblick, als die Gleichgewichtsfigur erreicht ist, bei welcher die Resultierende aus der Anziehungskraft von Erde und Mond auf der Wasseroberfläche senkrecht steht. Wendet die Erde dem Mond immer die gleiche Seite zu, so wird dieser Gleichgewichtszustand auch wirklich erreicht werden, vielleicht der einzige Fall, in welchem die Gleichgewichtstheorie streng gültig ist. Unter den heutigen Verhältnissen beträgt aber die Hebung nur 18 cm, also etwa 10^5mal weniger als *Hörbiger* annimmt. Der Mond müßte $\sqrt[3]{10^5}$, also etwa 46mal näher stehen, um solche Fluten zu erzeugen. Nach *Hörbiger* sollen aber solche Fluten gleich nach dem Einfangen des Mondes entstanden sein, und auch heute noch sollte das Meer am Äquator um mehrere hundert Meter sinken, wenn man den Mond wegnimmt (S. 396). Auf dem Wege können also die großen Fluten, die *Hörbiger* für seine geologischen Entwicklungen braucht, nicht entstanden sein.

Große Fluten können aber auf einem anderen Wege entstehen, wenn nämlich eine Periode der Fluterscheinung mit einer Periode der freien Schwingungen des Wassers zusammenfällt, wenn also die Erscheinung der Resonanz auftritt. Wenn sich die Umlaufszeit des Mondes oder die Umdrehungszeit der Erde ändert, so müssen ab und zu solche Koinzidenzen eintreten, und dann wird die entsprechende Partialtide gewaltig anwachsen können. Die Perioden der freien Schwingungen hängen aber von der Tiefe des Meeres und der Küstenkonfiguration ab; es könnte sich auch hierin etwas ändern, und dabei durch Zufall plötzlich eine Übereinstimmung der Perioden entstehen, die eine Flutkatastrophe zur Folge haben könnte. Vielleicht braucht also *Hörbiger*, auch wenn er obigen Fehler korrigiert, den Einfluß von Hochfluten aus seinen geologischen Darlegungen nicht auszuschalten. Ich erwähne dies nur, um zu zeigen, daß man nicht alle Ideen in Bausch und Bogen verwirft, sondern, was physikalisch möglich erscheint, auch rückhaltlos anerkennt.

Es ist ganz unmöglich, alle Einwendungen anzuführen, die man gegen die in Rede stehende Theorie machen könnte. Ich möchte mich daher damit begnügen, auf einige Fehler gegen die Grundsätze der Mechanik hingewiesen zu haben. Ich glaube damit eine der größten Schwächen aufgedeckt und bewiesen zu haben, daß man solche Probleme nicht nach dem Gefühl behandeln kann, sondern nur mathematisch. Ich weiß wohl, daß ich Herrn *Hörbiger* nicht überzeugen werde, aber vielleicht andere, welche der Mathematik größeres Vertrauen entgegenbringen. Herr *Hörbiger* wird auch vielfach behaupten, daß ich ihn mißverstanden hätte. Das ist sehr möglich, hat aber jedenfalls seinen Grund in der Diktion des Hauptwerkes.

Endlich noch eins: Eine Kosmogonie hat nur dann einen Sinn, wenn sie sich auf der herrschenden Lehre aufbaut. Sie hat überhaupt nur die Frage zu beantworten, welches der Anfangszustand ist, aus welchem sich nach den uns *bekannten Gesetzen der Physik* der heutige Zustand entwickelt hat. Wie man davon abweicht, gerät man in den Bereich der Phantasie. Man darf nicht die Gesetze der Planetenbewegung leugnen, der Sonne die Wärmestrahlen nehmen, oder den spektralen Befund ignorieren. Eine solche Kosmogonie ist nicht besser fundiert als die alten Sagen, nach denen die Welt aus einer Lotosblume entstanden ist. Sollte der Verfasser mit seiner Theorie recht haben, so werden ihn künftige Generationen als einen Dichter und Seher, aber nicht als Forscher ehren, und er darf uns heute keinen Vorwurf machen, wenn wir seine Ansichten ablehnen. Es bleibt ihm dann nichts übrig, als 2 oder 3 Jahrhunderte zu warten, bis wir flügellahmen Astronomen seinem Hochflug folgen können.

Überpflanzungen von Organen.

Von Otto Kestner, Hamburg.

Es ist ein altes Ideal der Chirurgie, für ein verlorenes oder zerstörtes Organ oder Gewebe dadurch Ersatz zu schaffen, daß man an seine Stelle Stücke desselben Menschen oder noch besser die entsprechenden Teile eines anderen Menschen oder eines Tieres einheilt. Wie weit ist das möglich? Wie weit ist es heute schon möglich und inwiefern geben uns unsere Kenntnisse heute ein Recht, von der Zukunft eine weitere Lösung des Problems zu erwarten?

Da ist zweierlei festzustellen:

1. Die Überpflanzung von Gewebsteilen auf denselben Körper, die sogenannte Autoplastik gelingt bei richtiger Technik leicht und glatt und die Chirurgen haben gerade in den letzten Jahren zum Ausgleich von Kriegsverstümmelungen oftmals Finger durch Zehen ersetzt, aus dem Arm eine neue Nase gebildet, neue Augenlider aus dem Knorpel des Ohrläppchens hergestellt

usw. Ebensowenig macht es Schwierigkeiten, bei einer Frau, die bei einer falschsitzenden Schwangerschaft große Blutmengen in die Bauchhöhle verloren hat, das Blut zu sammeln und ihr wieder einlaufen zu lassen. Zuerst ist Haut überpflanzt worden, schon vor bald 50 Jahren von *Thiersch*, heute steht im Mittelpunkt des Interesses die Verpflanzung von Fettgewebe, das *Lexer* für verschiedene Zwecke verwenden lehrte, besonders durch Zwischenlagerung zwischen zwei Knochen, die nicht miteinander verwachsen, sondern ein neues Gelenk bilden sollen. Auch Knochen, Gefäße, Muskeln lassen sich auf das gleiche Individuum transplantieren.

2. Ebenso fest steht, daß sich ein Gewebe auf eine andere Tierart nicht transplantieren läßt (Heteroplastik). Alle Angaben von einem Anheilen von Tierhaut auf Menschen haben sich als Beobachtungsfehler erwiesen. Knochen heilen wohl einmal ein wie ein totes Gewebe, wie Elfenbein, wie Seidenfäden, wie Metallröhren, aber sie wachsen niemals an und gehen keine Verbindung mit dem Gewebe ein, in das sie eingefügt sind.

Zwischen beiden steht die Homoplastik oder Homoioplastik, die Übertragung eines Organes oder Gewebes auf ein anderes Individuum der gleichen Art, also von Mensch zu Mensch oder von Hund zu Hund. Sie steht begrifflich zwischen der Autoplastik und der Heteroplastik, und genau so steht es mit ihren Erfolgen. Homoplastisch transplantierte Gewebe heilen häufig an, ganz anders als heteroplastische Stücke; und mancher Beobachter, der nicht lange genug wartete, hat schon über Erfolge berichtet. Nachher verschwinden sie dann aber doch, vereitern, stoßen sich ab oder werden aufgelöst. Praktisch kann ein solcher Erfolg, auch wenn er nur einige Wochen dauert, wertvoll sein, wenn damit die Knochen oder die Haut der Nachbarschaft Zeit zum Auswachsen gewinnen. Aber ihr schönstes Arbeitsgebiet ist damit der Transplantation genommen. Technisch ist bei der Autoplastik alles so ausprobiert, daß sie in der Hand des Erfahrenen meist gelingt. Sie geht am besten mit lebensfrischem Material, aber bei strenger Asepsis kann man die meisten Gewebe auch aufbewahren, Stücke von Gefäßen und anderes wochenlang. Technisch würde es daher möglich sein, auch Leichenteile zu transplantieren. 1907 gelang es *Alexis Carrel* vom Rockefellerinstitut in New York zuerst beim Tier, Blutgefäße durch die Naht zu vereinen, und als ich 1909 seine staunenswerte Technik sah, stand ich unter dem starken Einfluß, daß damit für den Ersatz großer Organe eine neue Zeit angebrochen sei. Er nahm Katzen beide Nieren heraus, bewahrte sie einige Stunden auf und setzte sie wieder ein, indem er Arterie mit Arterie, Vene mit Vene verband und die Harnleiter, die sich nicht nähen ließen, in die Blase einpflanzte. Er nahm Hunden die Schilddrüse heraus und pflanzte sie in die Bauchhöhle ein, indem er ihre Gefäße mit Milzgefäßen verband. Er schnitt Tieren den Skalp mit einem Ohr ab und heilte ihn an usw. Technisch waren seine Leistungen glänzend. Die Gefäßnaht wurde bald auch beim Menschen aufgenommen und wird heute von vielen Chirurgen geübt. Für die große Frage der Organtransplantation ergab sich eine bittere Enttäuschung. Homoplastisch ließen sich Organe auch mit der Gefäßnaht nicht transplantieren, ja in der Regel sogar schlechter als ohne sie, und dabei wäre die Homoplastik so wichtig, nicht nur für die Heilung von Wunden und Verstümmelungen, an die man zunächst denkt, nein vor allem auch zur Beseitigung innerer Krankheiten. Wir kennen heute die endokrinen Drüsen oder Drüsen der inneren Sekretion, die ein lebensnotwendiges Sekret oder Hormon in das Blut hinein absondern. Eine ganze Reihe der schwersten chronischen Erkrankungen beruht auf einem Ausfall bestimmter Hormone. Versagen der inneren Sekretion der Schilddrüse bedingt Kretinismus, Myxoedem oder Wachstumsstörungen. Die meisten Fälle schwerer Fettsucht beruhen auf einem Ausfall des Vorderlappens der Hypophyse; ein Versagen der Epithelkörperchen bedingt Neigung zu Krämpfen und Zahnerkrankungen. Fehlen die Keimdrüsen, so erlischt der Geschlechtstrieb und die sekundären Geschlechtszeichen bilden sich nicht aus. Man würde also eine Menge schwerster Leiden beseitigen können, gelänge es, die endokrinen Drüsen zu überpflanzen. Dabei liegen die Dinge insofern sehr günstig, als es sich um kleine Organe handelt, deren Einheilung technisch leicht ist, keine Gefäßnaht erfordert und von denen bei der großen Wirksamkeit ihrer Hormone nur ein kleiner Teil wirklich erhalten zu werden braucht, um die Funktion zu ersetzen. Bei der Überpflanzung von Haut und Knochen ist die Operation mißglückt, wenn sie die Hälfte abstößt, von dem Hoden genügt $^1/_{10}$, um Geschlechtstrieb und normale Körperbildung zu sichern. Infolgedessen hat man sich mit Eifer auf die Überpflanzung der endokrinen Drüsen geworfen. Auch hier gelingt die Autoplastik immer, die Homoplastik dagegen in der Regel nicht.

Grundsätzlich unmöglich ist die Homoplastik freilich nicht. Zunächst geht sie bei den Pflanzen, bei denen sie in Form der Pfropfung regelmäßig geübt wird. Hierher gehört auch die Möglichkeit der Chimärenbildung bei den Pflanzen. Darunter versteht *Winkler* Bastarde, bei denen sich die väterlichen und mütterlichen Eigenschaften nicht mischen oder ein Mittelding entstehen lassen, die vielmehr aus zwei zusammengewachsenen, aber ganz verschiedenartigen Hälften bestehen, die eine rein väterlich, die andere rein mütterlich. Sodann geht die Homoplastik bei Froschlarven, bei Kaulquappen. Wie *Born* zuerst gefunden hat, kann man Kaulquappen in zwei Hälften zerlegen und so miteinander verheilen, daß das Vorderteil des einen mit dem Hinterteil des anderen Tieres verwächst

und weiterwächst. Diese große Entdeckung *Borns* ist in der Hand von *Braus* und *Harrison* unendlich fruchtbar geworden für die Aufklärung der tierischen Entwicklung. Hier gelingt sogar Heterotransplantation, die Verheilung eines halben Frosches mit einer halben Unke. Auch Regenwürmer kann man homoplastisch miteinander verheilen und durch oftmalige Wiederholung der Verheilung Riesentiere erzeugen (*Korschelt*).

In der großen Mehrzahl der Fälle gelingt sodann die Verpflanzung von Blut. Artfremdes Blut kann man einem Menschen oder einem Tiere nicht in die Blutbahn einspritzen. Die Blutkörperchen lösen sich in der fremden Flüssigkeit auf und rufen bei irgend größerer Menge baldigen Tod hervor. Schon in kleinster Menge machen sie Fieber und andere Vergiftungserscheinungen, die wohl einmal zu Heilzwecken verwendet werden, aber jedenfalls einen Blutersatz durch artfremdes Blut unmöglich machen.

Das Blut anderer Menschen kann man dagegen in Mengen bis zu einem Liter und mehr einem Menschen unbedenklich direkt in die Blutbahn einlaufen lassen. Die Methode wird gerade in allerneuester Zeit in steigendem Maße bei starken Blutverlusten und bei Erkrankungen des Blutes benutzt. Nur in einer kleinen Minderzahl von Fällen kommt es zu Vergiftungserscheinungen wie bei der Einverleibung artfremden Blutes. In der Mehrzahl bleibt das Blut mit samt seinen Formelementen in der Blutbahn des Empfängers erhalten und übt seine Tätigkeit aus.

Eine gelungene Homoplastik ist auch die Parabiose. Wie *Sauerbruch, Schöne* u. a. gezeigt haben, kann man bei Ratten und Hunden zwei Tiere so zusammennähen, daß ihre Haut und ihre Bauchhaut miteinander verwachsen, die Tiere also zusammenhängen wie die bekannten siamesischen Zwillinge. Bei Geschwistern geht die Parabiose sehr viel besser als bei Nichtverwandten. Das Blut strömt, wenn auch in geringem Umfange, von einem Tier in das andere, spezifische Stoffe, die in dem einen Tiere entstehen, wirken auf das andere. Die Parabiose kann zeitlebens erhalten bleiben. Die Tiere bleiben getrennte Individuen, aber ihre Gewebe sind miteinander verheilt.

Das Wichtigste endlich ist, daß auch die eigentliche Homoplastik, Übertragung losgetrennter Gewebsstücke auf ein anderes Tier, bei Menschen und bei Säugetieren in einigen Fällen gelungen ist. *Schöne* zeigte an Mäusen, daß bei Geschwistern und sonstigen nahen Verwandten in einem bestimmten Prozentsatz Hautstücke sich austauschen lassen, und bei endokrinen Drüsen hat man dasselbe beobachtet. Hier sind besonders bedeutungsvoll die Versuche von *Steinach*, der bei Ratten und Meerschweinchen die Hoden und Eierstöcke vertauschen konnte und damit die Tiere anatomisch und physiologisch in das andere Geschlecht verwandelte. In seiner ersten Mitteilung gibt *Steinach* an, daß ihm die Überpflanzung von Eierstöcken auf Männchen nur dann gelungen sei, wenn er zwei Wochen alte Meerschweinchen und Ratten als Empfänger und etwas ältere Tiere der gleichen Zucht als Spender benutzt habe. Später bespricht er nur noch die gelungenen Fälle, aus denen er etwas schließen kann, und macht keine Angaben mehr über den Prozentsatz der mißlungenen.

Auch bei Menschen sind sichere positive Ergebnisse der Einheilung von Hoden und Eierstöcken bekannt, allerdings neben sehr viel mehr mißglückten. Von anderen endokrinen Drüsen ist die Dauereinheilung von Epithelkörperchen in vereinzelten Fällen sicher, die der anderen endokrinen Drüsen immer nur vorübergehend geglückt. Freilich kann es sich bisweilen um Monate handeln, bis das Transplantat ganz verschwindet, und gerade während des Zugrundegehens, während die Zellen sich auflösen, können ihre wirksamen Inhaltsstoffe reichlich in die Blutbahn gelangen und ihre Tätigkeit ausüben.

Selbst bei den Fällen, die schließlich nicht zur Dauerheilung führen, besteht ein großer Unterschied gegenüber der Heteroplastik.

Was wissen wir nun über die Ursache des Versagens? Die Heteroplastik scheitert an der Verschiedenheit des chemischen Baues der einzelnen Arten. Daß selbst nahe verwandte Tiere, Pferd und Esel, Hund und Wolf, sich in Größe, Haut und Haarfarbe und vielen anderen Einzelheiten ihres Baues unterscheiden, weiß jeder. So ist die Anordnung der Fasern in der Linse des Auges bei jeder Tierart verschieden. Viel weniger bekannt ist, daß die Arten auch chemisch verschieden sind. Es ist noch nicht allzu lange her, da wußte man nur, daß die Gewebe und Säfte des Körpers Eiweiß enthalten und unterschied einige Gruppen von Eiweiß. Erst als *Emil Fischer* und *Kossel* die Bausteine kennen lehrten, aus denen sich die Eiweißkörper aufbauen, 17—18 Aminosäuren, deren jede einzelne vielfach vorhanden sein kann, wurde es möglich, chemische Individuen in den Eiweißkörpern zu erkennen, *Kossel* hat die Samen einer Anzahl von Fischarten durchgeprüft. Jede einzelne hat ihr eigenes Sameneiweiß oder Protamin, verwandte Arten haben ähnliche, aber niemals gleiche Eiweiße. Der rote Blutfarbstoff scheidet sich leicht in schönen Kristallen aus. *Reichert* hat gezeigt, daß die Kristallformen bei jeder Tierart anders und für die Tierart spezifisch sind. Das wichtigste Unterscheidungsmittel ist die sogenannte biologische oder Immunitätsreaktion. Spritzt man einem Kaninchen, einer Ziege oder einem Pferd (bei anderen Tieren geht es auch, aber nicht so gut) einige Kubikzentimeter der Blutflüssigkeit eines Hundes ein, so ist das Eiweiß „Antigen", und im Kaninchenblut bildet sich nach 10—14 Tagen ein „Antikörper" gegen das Eiweiß. Entnimmt man ihnen nach dieser

Zeit Blut, so gibt seine Flüssigkeit mit der des Hundes einen Niederschlag (Präzipitinreaktion). Das Präzipitin ist streng spezifisch gegen Hundeblut. Blut von Wolf oder Fuchs gibt noch einen schwachen, das aller anderen Tiere gar keinen Niederschlag. Immunisiert man nicht gegen die Blutflüssigkeit, sondern die Blutkörperchen, so gibt es eine Immunität gegen diese; das Blut des Kaninchens besitzt nun die Fähigkeit, die betreffenden Blutkörperchen aufzulösen. Die Immunität gegen Hühnerblut erstreckt sich auch auf das Eiweiß der Hühnereier, die gegen Rinderserum auch auf die Kuhmilch. Wie weit sie auch die Eiweißkörper der Gewebe umfaßt, ist unsicher. Die beweglichen Zellen, Flimmerzellen und Samenfäden, werden durch besondere Präzipitine gelähmt und geschädigt.

Durch diese Untersuchungen ist also eine chemische Artspezifität erwiesen, und wir brauchen uns nicht mehr zu wundern, daß die Heteroplastik nicht geht. Kommen doch die transplantierten Gewebe mit Blut in Berührung, in dem unter ihrer Einwirkung sich Antikörper bilden müssen, die sie dann selbst töten und auflösen. Können wir aber chemisch oder biologisch auch Verschiedenheiten zwischen Individuen *einer* Art nachweisen? Für die Blutflüssigkeit hat sich bisher auch durch biologische Reaktionen ein solcher Unterschied nicht nachweisen lassen. Dagegen ist es gelungen, bei verschiedenen Menschen Unterschiede in den Blutkörperchen nachzuweisen. Vier Gruppen von Menschen lassen sich deutlich unterscheiden. Die Besonderheit des Blutes ist vererbbar, so daß bei nahen Verwandten die Wahrscheinlichkeit chemischer Übereinstimmung größer ist.

Damit ist ein Anhaltspunkt für chemische Unterschiede zwischen Individuen *einer* Art gegeben. Ein guter Teil der Schwierigkeiten wird durch die Abweichungen des chemischen Baues verständlich. Von größter Bedeutung ist vor allem der Befund von *Braus*, daß die Froschlarven noch keine Eiweißkörper haben, die Antigene sein und Antikörper bilden können. Der erwachsene Frosch hat artspezifisches Eiweiß so gut wie die höheren Tiere, so gut wie die Wirbellosen, die man bisher daraufhin untersucht hat, Krebse und Mollusken. Daß überhaupt eine Bastardbildung möglich ist, kann man darauf zurückführen, daß die Keime noch kein arteigenes Eiweiß besitzen, was allerdings außer bei Fröschen nicht geprüft ist. Und das Scheitern der Homoplastik außer bei nahen Verwandten beruht darauf, daß bei den höheren Tieren wenigstens für die roten Blutkörperchen Individualspezifität nachgewiesen ist.

Es liegt sehr nahe und ist oft geschehen, die ganze Frage der Plastik auf die chemischen Besonderheiten der Eiweißkörper zurückzuführen. Daß die Homoplastik mit Gefäßnaht besonders schlecht geht, liegt an der innigen Berührung, in die das fremde Blut mit den Geweben tritt. Auch daß man durch vorherige Behandlung des Empfängers mit dem Blute des Spenders die Überpflanzung nicht verbessert, sondern verschlechtert (*Schöne*), würde hierzu stimmen. Indessen frühzeitiges Verallgemeinern hat sich in der Wissenschaft noch immer gerächt. Solange sich in dem Gewölbe eines Beweises noch die kleinste Lücke findet, ist er nicht geschlossen. Gerade die winzigen Löcher sind es, durch die der Forscher seinen Weg ins Freie findet. Man übertüncht sie, wenn man aus den Beobachtungen zu früh ein schönes geschlossenes Lehrgebäude aufbaut.

Hier klaffen noch einige Lücken:

1. nämlich stimmen die praktischen Erfahrungen bei der Einverleibung von Blut mit der Gruppeneinteilung des menschlichen Blutes in die 4 oben genannten Gruppen nicht immer überein;

2. ist es nicht verständlich, wieso eine Parabiose möglich ist, dann aber bei den parabiotisch lebenden Tieren die Vertauschung von Hautstücken mißlingt;

3. stimmt in den Versuchen von *Braus* die Zeitgrenze, bis zu der die Zusammenheilung geht, und die, von der ab besondere Eiweißkörper da sind, nicht ganz überein;

4. passen die Verhältnisse bei den Pflanzen nicht ins System. Bei den Pflanzen ist nämlich die Arteigenheit der Eiweißkörper genau so gut vorhanden wie bei den Tieren. Der Amerikaner *Osborne* hat die Eiweißkörper nahe verwandter Pflanzensamen, Erbse, Bohne, Sojabohne, Wicke oder Weizen, Roggen, Gerste so genau untersucht, wie *Kossel* das Eiweiß der Fischhoden, und hat ebenso große und regelmäßige Unterschiede gefunden. Auch durch die Präzipitinreaktion lassen sich pflanzliche Eiweißkörper so gut gegeneinander abgrenzen, wie die der Tiere. Und doch gibt es bei Pflanzen eine Pfropfung und eine Chimärenbildung und bei den Tieren nicht.

Was wir heute über chemische Unterschiede zwischen den Tierarten und vielleicht zwischen den einzelnen Individuen derselben Art wissen, genügt also nicht. Wir müssen schon etwas weniger Faßbares hinzunehmen, den Begriff der Individualität. Als ganz allgemeines Gesetz gilt von den einzelligen bis zu den höchsten Tieren, daß zwei lebende Wesen nicht miteinander verschmelzen können. Alle voll entwickelten Zellen vermögen sich zu teilen, eine Vereinigung gibt es nur in *einem* Falle, bei der Verschmelzung des Eies mit dem männlichen Samen zur weiteren Entwicklung. Weder können zwei Organismen je zu einem werden, noch zwei Zellen in einem Organ sich je zu einer zusammenlegen. Wir haben bisher gar keinen Anhalt dafür, daß die Vereinigung durch chemische Unterschiede zwischen den Einzelzellen oder zwischen den Einzelwesen verhindert wird, und die chemische Verschiedenheit auf Grund der Nichtverschmelzbarkeit vorauszusetzen, hieße die Logik auf den Kopf stellen. Bei den Pflanzen gibt es Ver-

schmelzungen. Im Walde kann man gelegentlich zwei Bäume sehen, die aus verschiedenen Wurzeln entsprossen, also zwei Individuen sind, und deren Stämme oben zu *einem* Stamme verschmelzen. Bei Tieren würde so etwas als ganz unmöglich erscheinen. *Dante* beschreibt im 25. Gesange der Hölle, wie eine Schlange einen Menschen umklammert und aus beiden *ein* Individuum wird, sagt aber selbst, er habe seinen Augen nicht getraut.

Vielleicht löst sich die Individualität noch einmal in chemische Unterschiede auf, heute wäre es verfrüht, das schon als sicher annehmen zu wollen. Halten wir uns nur an die Tatsachen, so sagen sie uns, daß die Homoplastik als Regel nicht geht, aber in Ausnahmefällen Erfolg hat. In diesem Falle ist das Nichtwissen befriedigender als es das Wissen wäre. Denn wären wir sicher, daß der chemische Unterschied die Homoplastik verhindert, so wäre sie für immer ein schöner Traum. Solange die Individualität noch ein unklarer Begriff ist, so lange dürfen wir hoffen, daß sich in Zukunft Mittel finden werden, die Homoplastik zu erweitern.

Literatur:

E. Lexer, Die freien Transplantationen, Bd. *1*, Stuttgart 1919.
G. Schöne, Beiträge zur klinischen Chirurgie *99*, 233, 1916.
H. Braus, Arch. f. Entwicklungsmechanik *22*, 564, 1906.

Die Stereoskopie im Dienste der isochromen und heterochromen Photometrie[1]).

Von C. Pulfrich, Jena.

(Fortsetzung.)

10. Die bisherigen Schwierigkeiten beim Vergleich der Helligkeiten zweier Farben.

Nach derselben Methode wie *S. Exner* hat später *A. Kunkel* (Pflügers Archiv *9*, S. 197, 1874) versucht, *die Zeiten zu bestimmen, welche die verschiedenen Teile des prismatischen Spektrums brauchen, um zum Maximum der Empfindung zu gelangen.* Auch er fand, daß für die von ihm benutzten Spektralbezirke „Blau", „Grün" und „Rot" das Empfindungsmaximum bei einem stärkeren Reiz — größere Spaltbreite des Spektralapparates — schneller erreicht wird als bei einem schwächeren. Nur waren in Anbetracht des Umstandes, daß als Lichtquelle nicht wie bei *Exner* durch Gasflammen erhellte Scheiben, die mit weißem Papier überzogen waren, benutzt wurden, sondern das spektralzerlegte sehr viel hellere Licht der Petroleumflamme, die Anstiegzeiten erheblich kleiner als bei *Exner*, nämlich für Blau 0,102 sec., für Grün 0,097 sec. und für Rot 0,057 sec.; gegenüber 0,15 bis 0,28 sec. bei *Exner*. Weiter hat die Arbeit keinen Wert. Denn sie besagt einmal nichts über die mittlere Wellenlänge der benutzten Spektralbezirke — es wurde nämlich immer aus dem Gedächtnis auf den gleichen Farbenton eingestellt (!) —, dann aber auch nichts zur Beantwortung der Frage, ob und inwieweit an den Anstiegzeiten die Farbe oder die Helligkeit des Spektralbezirkes beteiligt ist. Nach unseren weiter unten dargelegten Beobachtungen mit dem Stereo-Spektralphotometer scheidet die Farbe als Ursache für die Verschiedenheit der Anstiegzeiten ganz aus, und wir haben darin nur die Auswirkung der in den einzelnen Spektralbezirken herrschenden Helligkeiten zu erblicken. Daß von den drei obigen Zahlen die für Blau größer ist als die für Grün, ist verständlich, da beide Farben auf derselben Seite des Maximums der Helligkeit liegen und Blau von dem Maximum weiter entfernt und daher weniger hell ist als Grün. Der angegebene Wert aber für den Spektralbezirk Rot, der auf der anderen Seite des Maximums der Intensitätskurve liegt, hätte ebensogut gleich dem für Grün oder größer sein können. Daß er kleiner ist, ist ein Beweis dafür, daß der von *Kunkel* benutzte Spektralbezirk Rot sehr viel näher am Helligkeitsmaximum lag, als der von ihm benutzte Spektralbezirk Grün.

Kunkel hat dann noch versucht, seine Messungen auf Spektralfarben von *angeblich gleicher Helligkeit* zu reduzieren. Da aber hierzu ganz willkürliche Annahmen gemacht werden aus Mangel an einem festen Anhalt für die Anerkennung der Gleichheit der Helligkeit verschiedenfarbiger Lichter, so ist dieses Unternehmen als gescheitert anzusehen.

Die Schwierigkeiten beim Vergleich der Helligkeiten zweier Farben sind ja außerordentlich groß, und es ist allen bisher hierfür angegebenen Methoden nicht gelungen, sie zu überwinden. *Fraunhofer* und *Arthur König* haben versucht, allein durch subjektiven Vergleich der Farben untereinander bzw. der einzelnen Farben mit weißem Licht die Helligkeitsverteilung im Sonnenspektrum zu ermitteln. Die Resultate sind sehr wenig übereinstimmend. *Helmholtz* hat in seiner Physiolog. Optik, 2. Aufl., S. 440 u. ff. wiederholt erklärt, daß er sich ein Urteil über Gleichheit heterochromer Helligkeiten nicht zutraue. *„Für mich selbst"*, sagt *Helmholtz*, *„habe ich durchaus den sinnlichen Eindruck, daß es sich bei heterochromen Helligkeitsvergleichungen nicht um Vergleichungen einer Größe, sondern um das Zusammenwirken von zweien, Helligkeit und Farbenglut, handelt, für die ich keine einfache Summe zu bilden weiß und die ich auch wissenschaftlich noch nicht definieren kann."*

Daß wir es hierbei in der Tat mit zwei voneinander gänzlich verschiedenen Empfindungen zu tun haben, beweist schon allein der Umstand,

[1]) Im Auszug vorgetragen auf dem Physikertag in Jena am 21. IX. 1921.

daß für den Fall der Farbenblindheit immer noch die andere Empfindung, die der Helligkeit, fortbesteht. Im übrigen trifft der von *Helmholtz* angewandte Ausdruck Farbenglut nicht für alle Farben zu. Rot und gelb nennt man bekanntlich *warme* Farben, grün und blau *kalte* Farben, und jedermann weiß, daß eine Landschaft selbst bei trübem Wetter durch ein gelbes oder rotes Glas gesehen, geradezu aufleuchtet, während eine Landschaft, selbst bei Sonnenbeleuchtung durch ein grünes oder blaues Glas betrachtet, einen kalten Eindruck hervorruft. Es ist daher begreiflich, daß man im allgemeinen versucht ist, rote und gelbe Farben als heller und grüne und blaue als weniger hell anzusehen, als sie in Wirklichkeit sind. Ich komme auf diesen Unterschied in den Schlußbemerkungen zu dieser Schrift noch einmal zurück.

Ich will über die anderen für den Vergleich heterochromer Helligkeiten angegebenen Methoden nur kurz hinweggehen, da sie in Wirklichkeit nur *Notbehelfe* oder *Umgehungen der Aufgabe* darstellen. Dahin gehören die Sehschärfenmethode, die Messung der Pupillenweite, die Benutzung der stark exzentrisch gelegenen Teile der Netzhaut, in denen die farbentüchtigen Empfindungselemente fehlen, ferner die Vergleichung der Helligkeiten im Dämmersehen an der unteren Grenze der Lichtstärke, wo mit den Farben ihre Verschiedenheit verschwindet, und endlich die Verwendung von Farbenblinden. Vielleicht die beste unter allen bisher für die Zwecke der heterochromen Photometrie benutzten Methoden ist die sog. *Flimmermethode*: Es werden die miteinander zu vergleichenden heterochromen Helligkeiten in schnellem Wechsel dem Auge zugeführt, und man ändert die eine der beiden Helligkeiten so lange ab, bis ein *Minimum* des *Flimmerns* eintritt. Auch gegen diese Methode lassen sich mancherlei Bedenken geltend machen, und die mit ihr erhaltenen Resultate sind im allgemeinen wenig zuverlässig. Doch ist ihr die innere Berechtigung nicht abzusprechen, wie ein Blick auf die nebenstehende Fig. 11 zu erkennen gibt. Als Abszisse ist die Zeit und als Ordinaten sind die durch die periodisch wiederkehrenden Belichtungen hervorgerufenen Empfindungen aufgetragen. In der oberen Figur ist angenommen, daß die miteinander verglichenen heterochromen Helligkeiten verschieden (II < I), in der unteren, daß sie gleich groß seien. Wie die Übereinanderlagerung der Empfindungen in ihrem Anstieg und in ihren Nachbildern sich vollzieht, sei dahingestellt. Jedenfalls bringt die Herbeiführung gleicher Helligkeiten die sämtlichen Empfindungsmaxima auf die gleiche Höhe und reduziert die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden *gleichgroßen* Maximis — entsprechend der Einstellung auf das Minimum des Flimmerns — auf die Hälfte.

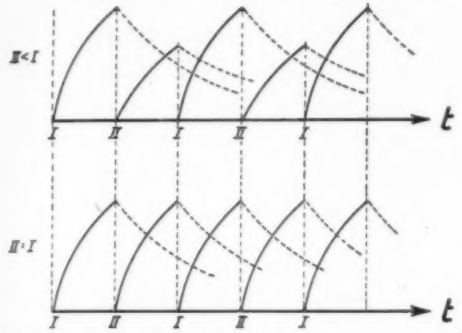


Fig. 11. Verlauf der Empfindungen bei einem periodischen Wechsel zweier Helligkeiten *I* und *II* (Flimmerverfahren).

Im übrigen stimme ich mit manchem Physiker und manchem Physiologen darin überein, wenn ich sage, daß es eine eigentliche Photometrie heterochromer Lichter bisher nicht gegeben hat. *Was uns fehlt*, sagt Herr *v. Kries*, der Herausgeber des 3. Bandes der 3. Auflage von *Helmholtz* Physiolog. Optik, *ist eine Methode, bei der die Beurteilung der Gleichheit zweier heterochromer Helligkeiten sich gründet auf ein bestimmtes physiologisches Element. So lange das nicht gefunden, sei man nicht berechtigt, zwei heterochrome Helligkeiten als gleich hell anzusehen.*

11. Die Zeitdifferenz der beiden Empfindungen bildet den Anhalt für den Vergleich und die Messung heterochromer Helligkeiten.

Das am Ende des vorigen Abschnittes erwähnte physiologische Element, welches die Lösung der Aufgabe bringen soll, ist, wie mir scheint, jetzt gefunden. Denn das Kreisen der Marke tritt auch ein, wenn man, wie bereits oben erwähnt wurde, ein Farbfilter von beliebiger Färbung an Stelle des Rauchglases vor ein Auge hält. Alle solche Farbfilter halten von dem auffallenden weißen Licht einen bestimmten Teil zurück, so daß das hindurchgegangene Licht unter allen Umständen schwächer ist als das auffallende. Es ist daher nach den bisherigen Darlegungen ganz natürlich, daß das so geschwächte Licht längere Zeit braucht, um zur Perzeption zu gelangen, als das ungeschwächte, und ferner, daß diese Verzögerung der Perzeption den gleichen Stereo-Effekt hervorbringt, wie wir ihn an Rauchgläsern beobachtet und in seinem Entstehen durch Fig. 5 veranschaulicht haben. Es steht daher auch gar nichts im Wege, nach diesem Verfahren zwei verschiedene Farbfilter nach dem Grade ihrer Durchlässigkeit miteinander zu vergleichen, indem man das eine vor das eine Auge und das andere vor das andere Auge hält. Die Beobachtung der kreisenden Marke entscheidet dann sofort nach Größe und

Vorzeichen über den Helligkeitsunterschied der beiden Farbfilter.

Wir gelangen also damit zu der folgenden *Definition gleicher Helligkeiten: Wir bezeichnen die Helligkeiten zweier Farben als gleich, wenn die Zeit zwischen Erregung und Empfindung für beide Farben gleich groß ist, und erkennen diese Gleichheit daran, daß in dem Augenblick, in dem die als kreisende Marke der Beobachtung zugänglich gemachte Zeitdifferenz der beiden Empfindungen verschwindet,* die *kreisende Bewegung in eine geradlinige* übergeht. Das ist eine Definition, die für weiße und isochrome Lichter keiner Begründung bedarf. Denn sie gibt nur das wieder, was die Tatsachen besagen. Indem wir dieselbe Definition auch auf heterochrome Lichter ausdehnen, sind wir uns bewußt, damit eine Art Extrapolation zu begehen, die man nicht beweisen, aber auch nicht widerlegen kann. Jedenfalls ist sie in erster Annäherung richtig, und spätere Untersuchungen mögen darüber entscheiden, wie weit diese Annäherung reicht. Einstweilen begnügen wir uns damit,

Fig. 12. Die Rechtsdrehung der Marke geht mittels einer Schleife in die Linksdrehung über.

denn wir haben so für alle Lichter, isochrome und heterochrome, *eine einheitliche Definition, einen einheitlichen Vergleichsmaßstab und den großen praktischen Vorteil, damit ein ganz erhebliches Stück weiter zu kommen als bisher möglich war.*

Das Meßprinzip, das wir den im II. Teil dieser Abhandlung zu besprechenden Konstruktionen von Stereo-Photometern zugrunde zu legen haben, besteht also darin, daß wir den bei ungleichen Helligkeiten auftretenden *scheinbaren Tiefenunterschied* zwischen der bewegten und der ruhenden Marke durch Herbeiführung gleicher Helligkeiten *zum Verschwinden bringen.* In der Stereoskopie ist es nicht anders als in der Photometrie. Die wahre Größe des Tiefenabstandes zweier Körper können wir im stereoskopischen Sehen ebensowenig angeben, wie beim Anblick von zwei verschieden hellen Flächen den Helligkeitsunterschied. Wir können nur angeben, welcher der beiden Körper weiter entfernt ist und welche der beiden Helligkeiten die größere ist. Wohl aber können wir mit größter Sicherheit auf das Verschwinden des Tiefenunterschiedes und auf das Verschwinden des Helligkeitsunterschiedes einstellen und haben dann hier wie dort in den Maßeinheiten des zur Einstellung auf Gleichheit benutzten Meßapparates ein Maß für den Unterschied.

Zur *Demonstration des Meßprinzips* machen wir wieder den oben (S. 557) beschriebenen Versuch mit dem an die Fensterscheibe geklebten Bleistift und geben dem Beobachter außer dem auf seine Helligkeit zu untersuchenden Rauch- oder Farbglas noch einen *Rauchkeil* in die Hand. Das Rauchglas lasse man ihn vor das eine, den Rauchkeil in vertikaler Lage vor das andere Auge halten, und zwar so, daß das Auge an der dünnsten Stelle des Rauchkeiles hindurchschaut. Während man nun den zweiten Bleistift auf der Scheibe hin und her bewegt, hat der Beobachter den Keil langsam in vertikaler Richtung zu verschieben. Er wird dann erkennen, daß die anfänglich beobachtete Kreisbewegung des Stiftes — rechts herum, wenn der Keil vor dem rechten Auge sich befindet — *nach und nach in eine geradlinige* und gleich darauf wieder in eine kreisende, aber mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung, übergeht.

Verschiebt man den Rauchkeil mit gleichmäßiger Geschwindigkeit, so kommt die Erscheinung der Geradlinigkeit der Bewegung des Stiftes nicht recht zur Geltung. Man beobachtet vielmehr eine Art *Schleife,* mehr oder weniger übereinstimmend mit dem in Fig. 12 wiedergegebenen Verlauf. Man muß also, und das ist eine für alle nach dem Stereo-Verfahren gebauten Photometer wohl zu beachtende *Vorschrift,* in der Nähe der kritischen Stelle jedesmal für einen Augenblick Halt machen und während dieser Zeit die Prüfung der Geradlinigkeit vornehmen.

Im Auditorium gibt man tunlichst jedem Zuhörer ein Rauchglas oder ein Farbglas und einen Rauchkeil in die Hand und projiziert mit Hilfe der in Fig. 4 wiedergegebenen Einrichtung das Schattenbild der bewegten und der ruhenden Marke auf den Schirm.

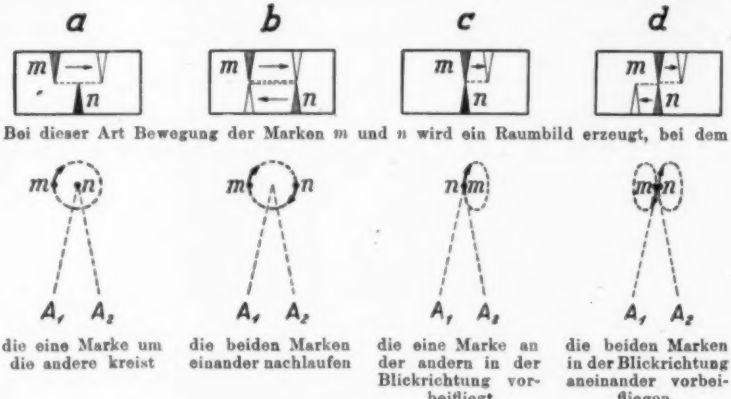
12. Steigerung der Meßgenauigkeit durch eine etwas andere Anordnung der kreisenden Marke.

Wir können den Stereo-Effekt, auf dessen Verschwinden einzustellen ist, unter sonst gleichen Umständen auf seinen doppelten Betrag bringen, wenn wir nach einem Vorschlag eines meiner Kollegen im Zeißwerk, des Herrn Dr. *Sander,* die bisher als ruhend angesehene Marke *n* ebenfalls hin und her gehen lassen, und zwar derart, daß die Bewegungen von *m* und *n* einander entgegengesetzt sind und so erfolgen, daß die Marken sich jedesmal in der Mitte des Gesichtsfeldes begegnen (s. Fig. 13 b). Es kreisen dann beide Marken in gleichem Sinne und mit der gleichen Geschwindigkeit um denselben Mittelpunkt, und man hat den sinnlichen Eindruck, als liefen sie mit einem Phasenunterschied eines halben Umlaufs *hintereinander her* (s. Fig. 13 b). In der Mitte des Gesichtsfeldes, da, wo sich die beiden

Marken begegnen, gehen die beiden Raumbilder mit einem Tiefenabstand aneinander vorbei, der doppelt so groß ist als der Tiefenabstand der bewegten Raumbildmarke von der ruhenden (s. Fig. 13 a). Für die Messung bedeutet diese Steigerung des Tiefenabstandes somit eine Verdoppelung der Meßgenauigkeit bei gleicher Geschwindigkeit der Bewegung.

Wir benutzen zur Demonstration dieser Erscheinung denselben Apparat (Fig. 4, S. 557), den wir auch zur Demonstration der kreisenden Marke benutzt haben. Die hierzu dienenden Hilfseinrichtungen wurden bereits früher S. 558 (Fußnote) angegeben.

Über den Vorteil dieser Anordnung gegenüber der bisherigen sind sich die Beobachter, die ich um ihr Urteil gefragt habe, ebensowenig wie über die Größe der Ausschläge, die man der kreisenden Marke durch Veränderung des Radius r Beobachtern bestätigt wird. Mir scheint das auch ganz begreiflich, denn jetzt hat die Marke m in der Zeit, in der sie sich der Marke n nähert und von ihr sich wieder entfernt, im Raumbild, also an ihr in der Blickrichtung nach der Tiefe vorbeifliegt, nur eine geringe seitliche Bewegung, ganz im Gegensatz zu der tiefsten Lage der kreisenden Marke, wo die Änderung des Tiefenunterschiedes gegen die feststehende Marke gering, die seitliche Verschiebung senkrecht zur Blickrichtung aber sehr groß ist. Wir können also jetzt eine sehr viel größere Geschwindigkeit in der Bewegung der kreisenden Marke und auch einen sehr viel größeren Radius der Kreisbewegung anwenden als vorher, ohne daß die an n vorbeifliegende Marke m aufhört, erkennbar zu sein, so wie das bei der früheren Beobachtungsmethode der Fall ist, wenn die Geschwindigkeit ein gewisses Maß überschreitet (vgl. die



Bei dieser Art Bewegung der Marken m und n wird ein Raumbild erzeugt, bei dem

die eine Marke um die andere kreist | die beiden Marken einander nachlaufen | die eine Marke an der andern in der Blickrichtung vorbeifliegt | die beiden Marken in der Blickrichtung aneinander vorbeifliegen.

Fig. 13.

der Drehscheibe zu geben hat, und über die Geschwindigkeit der Bewegung einig. Einer dieser Beobachter hat mir erklärt, daß er glaube, am besten einstellen zu können, wenn man die Marke n ganz in Wegfall bringt.

Herr Geheimrat *Haber*, dem ich eines der ersten Versuchsinstrumente mit einer ruhenden und einer bewegten Marke für die vom ihm beabsichtigte Untersuchung kolloidaler Lösungen zur Verfügung gestellt hatte, hat mir nach mehrmonatiger Beschäftigung mit dem Apparat den Vorschlag gemacht, die bewegte Marke m nicht um die ruhende n, sondern um einen seitwärts gelegenen Punkt kreisen zu lassen (siehe Fig. 13 c), dessen Abstand von der Marke n gleich ist dem Radius der Drehscheibe. In solchem Falle hat dann die Marke m — man vergleiche auch den in Fig. 7 S. 561 angegebenen Verlauf der Kurven gleicher Zeitparallaxen — in dem Augenblick, in dem sie an der feststehenden Marke n vorbei kommt, *die größte Beschleunigung nach der Tiefe*. Die Beobachtung sei sehr viel bequemer, was mir auch von anderen Bemerkungen über die am Stereo-Komparator vorgenommenen Messungen S. 553).

Ich möche hier noch auf einen anderen sehr wichtigen Vorteil dieser Anordnung aufmerksam machen. Die beiden früheren durch Fig. 13 a und b gekennzeichneten Anordnungen verlangen nämlich ein für den ganzen Verlauf der kreisenden Marken tunlichst gleichmäßig beleuchtetes Gesichtsfeld, was bei den weiter unten zu besprechenden Stereo-Photometern nicht immer leicht zu erreichen ist, denn bei dem Kreisen der Marken achtet man weniger auf einzelne Teile der Kreisbahn als vielmehr auf den Gesamteindruck. Jetzt ist das anders, da die Aufmerksamkeit des Beobachters ausschließlich auf den Teil des Gesichtsfeldes gerichtet ist, wo die Marke m an der feststehenden n in der Blickrichtung vorbeifliegt. Daß man diesen Teil in die Mitte des Gesichtsfeldes legt, ist selbstverständlich, es steht auch nichts im Wege, diesen Teil des Gesichtsfeldes durch Abblendung der übrigen Teile zu isolieren.

Man kann sogar in Verfolgung dieser Methode

noch einen Schritt weiter gehen, indem man auch hier die ruhende Marke *n* in Bewegung setzt, jetzt aber so, daß *m* und *n* aufeinander zulaufen und in dem Moment, in dem sie sich treffen, oder kurz vorher, oder kurz nachher wieder auseinandergehen (s. Fig. 13 d). Es entstehen dann wieder zwei in gleicher Richtung kreisende Raumbilder, die aber, sofern der Abstand der beiden Kreismittelpunkte gleich ist dem doppelten Radius der Drehscheibe, in dem Moment der Begegnung die entgegengesetzte Bewegungsrichtung nach der Tiefe haben. Der Erfolg dieser Anordnung ist also eine noch weitergehende Steigerung der Meßgenauigkeit.

Die Vorführung auch dieser Erscheinungen auf dem Projektionsschirm mit Hilfe des Apparates in Fig. 4 begegnet keinerlei Schwierigkeiten.

Ich habe oben auf Seite 558 ein einfaches Experiment beschrieben, wie man auch ohne Projektionsapparat allein mit zwei Bleistiften das Kreisen der Marke zeigen kann. In gleicher Weise lassen sich auch die übrigen Erscheinungen vorführen. Insonderheit bei 13 c kehrt man in der Bewegung des hin und her gehenden Bleistiftes jedesmal bei dem an der Fensterscheibe befestigten Bleistift um. Bei der Vorführung der Erscheinungen 13 b und 13 d nimmt man in jede Hand einen Bleistift, hält sie nebeneinander in gleicher Höhe und bewegt sie über- und gegeneinander, wie in der Fig. 13 angegeben.

13. Auswahl geeigneter Beobachter.

Die stereophotometrische Methode stellt an den Beobachter Anforderungen, die den bisherigen photometrischen Methoden völlig fremd sind. Der Beobachter muß nicht allein stereoskopisch sehen können, was ja bei der Mehrzahl der Menschen der Fall ist, er muß auch *gut* stereoskopisch sehen können, wenn er an Genauigkeit das aus der Methode herausholen will, was sie zu leisten imstande ist. Wer daher nicht über ein gutes stereoskopisches Sehvermögen verfügt, hat wenig Aussicht, mit den Stereo-Photometern Ersprießliches zu leisten. Er wird es auch nie lernen, die Übung kann ihm nicht ersetzen, was ihm die Natur versagt hat.

Der Verwendung eines Beobachters zu stereophotometrischen Messungen sollte daher eine eingehende *Prüfung* desselben an der Hand der von mir im Jahre 1908 entworfenen *Prüfungstafel für stereoskopisches Sehen* (Meß 204) — mit Schlüssel und Stereoskop zu beziehen von Carl Zeiß, Jena — vorangehen, mit dieser Prüfungstafel deshalb, weil sie für die Beurteilung der Fähigkeit des Beobachters im stereoskopischen Sehen einen genauen ziffernmäßigen Anhalt bietet. Jedenfalls sollte man bei der Veröffentlichung von Messungsergebnissen und von Genauigkeitsangaben für die vorliegende Methode niemals unterlassen, auch über das Ergebnis dieser Prüfung zu berichten.

Die richtige Bewertung eines Beobachters für stereophotometrische Messungen ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil ein an der Hand der Prüfungstafel festgestellter Defekt des Beobachters im stereoskopischen Sehen in der Regel auf einem *Unterschied* im Sehvermögen der beiden Augen beruht. In solchen Fällen hat dann das schwächere Auge nicht nur eine geringere Sehschärfe, es *ermüdet* auch schneller, was dann zur Folge hat, daß die Perzeption eines Lichteindrucks in diesem Auge längere Zeit in Anspruch nimmt als in dem anderen Auge. Man braucht sich daher nicht darüber zu verwundern, wenn ein Beobachter, der mit einem solchen Unterschied der beiden Augen behaftet ist, entweder sofort oder erst nach einiger Zeit ein Kreisen der Marke auch dann wahrnimmt, wenn die Helligkeiten für beide Augen genau gleich sind. Ich habe auf solche Fälle bereits früher (S. 558) hingewiesen. Gewiß können auch solche Beobachter mit zu Messungen herangezogen werden unter Beachtung der Vorschrift natürlich, daß man das zu messende Objekt einmal vor das rechte und dann vor das linke Auge setzt und aus den Messungen das Mittel bildet. Aber besser ist, nur solche Personen zu verwenden, die auch die letzten Feinheiten der Prüfungstafel zu erkennen vermögen, da bei diesen jeder Verdacht einer ungleichen Perzeption und einer ungleichen Ermüdung ausgeschlossen ist.

Es ist mir am 10. März d. J. nach einem vor der „Physikalisch-technischen“ und der „Beleuchtungstechnischen Gesellschaft“ in Berlin gehaltenen Vortrage über den vorliegenden Gegenstand von einem der Herren Diskussionsredner entgegengehalten worden, daß der neuen Methode doch wohl ein gewisses persönliches Moment anhafte, das es zweifelhaft erscheinen lasse, daß verschiedene Beobachter übereinstimmende Resultate erhalten. Das ist sicher so, aber daran ist nicht die Methode, sondern der Beobachter selbst schuld. Tatsächlich sind bisher alle Abweichungen zwischen den Angaben verschiedener Personen bei der Messung eines und desselben Helligkeitsunterschiedes auf Defekte im stereoskopischen Sehvermögen des einen oder des anderen Beobachters zurückzuführen gewesen, während die Angaben derjenigen Personen, die ein vollwertiges stereoskopisches Sehvermögen besitzen, unter sich innerhalb der zulässigen Beobachtungsfehler übereinstimmen. Es entspricht das nicht nur meinen Erfahrungen allein. Herr Geheimrat *Haber* hat sich bei Gelegenheit der vorerwähnten Diskussion in genau dem gleichen Sinne ausgesprochen. Sein Urteil gründet sich auf die Messungen, die er, sein Assistent Herr *F. Matthias* und einige andere Herren vom *Kaiser-Wilhelm-Institut* mit dem ersten im vorigen Herbst provisorisch zusammengestellten Versuchsinstrument ausgeführt haben. Inzwischen hat das Institut einen anderen Apparat in wesentlich besserer Ausführung erhalten, und Herr *Matthias* berichtet über die mit diesem

Apparat gemachten Erfahrungen in einem an mich gerichteten Schreiben vom 16. April d. J. wie folgt: „Es haben außer mir auch andere Herren des Instituts gute Resultate mit dem neuen Photometer erzielt. Als besonders erfreulich kann ich die Tatsache mitteilen, daß die Meßergebnisse von drei Beobachtern auf durchschnittlich 2 % übereinstimmen. Die Empfindlichkeit steigt mit der Übung. Herren, die noch niemals mit dem Apparat gearbeitet haben, erreichen eine Genauigkeit von 6—8 %, nach einiger Übung stieg sie auf 2—3 %. Die Ermüdungserscheinungen, die sich früher so lästig bemerkbar machten, treten bei dem neuen Apparat nicht mehr in die Erscheinung."

Fortsetzung und Schluß (II. Teil: Anwendung der neuen Methode) folgen einige Hefte später.

Besprechungen.

Abel, O., Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit. VII, 639 S., 1 farbiges Titelbild und 507 Abbildungen im Text. Jena, Gustav Fischer, 1922. Preis geh. M. 120,—; geb. M. 150,—.

Abel baut die Paläobiologie konsequent und rastlos weiter aus. In seinem berühmten ersten Buch, das immer ein Markstein bleiben wird, trug er Beispiele zusammen, die zeigen sollten, wie die Kenntnis des Skeletts der Tiere der Gegenwart und ihrer Lebensweise benutzt werden müssen, um aus der Untersuchung der Tierreste aus der Vorzeit ihr Lebensbild wieder aufzubauen. In seinem neuen Buch geht er weiter. Die Umwelt der fossilen Tiere mit ihren Einflüssen auf Leben und Gestalt lockt ihn. Und da wir in den Schichtgesteinen jeder Epoche, die die Tierreste bergen, viele Anzeichen von großer Bedeutung finden, da uns ferner die Flora, die Korallen und andere stenotherme Organismen über das Klima einiges sagen, so schreibt er eine Anzahl Lebensbilder, d. h. er baut aus den oft spärlichen Resten die Landschaften wieder auf, in denen die Tiere der Vorzeit lebten. Daß er von der Gegenwart ausgeht und über die Eiszeit zu älteren und schwieriger zu deutenden Problemen fortschreitet, ist klug und didaktisch richtig. Besonders erfreulich ist ferner, daß er aus Steppe und Wüste, aus dem Urwald, vom blendend weißen Strand des Meeres und aus den vergifteten Tiefen der schlammigen Meeresbuchten seine Bilder wählt. Seine Beispiele sind klassische Fundstellen; von diesen wird die Forschung ausgehen müssen, um zu weniger deutlichen Plätzen fortzuschreiten. *Abels* neues Buch wird als das erste, das diese Fragen zusammenfassend behandelt, dabei stets ein ausgezeichneter Führer sein.

Fr. Drevermann, Frankfurt a. M.

Das Pflanzenreich (Regni vegetabilis conspectus), herausgegeben von *A. Engler*. 76. u. 77. Heft. *Compositae—Hieracium* (Fortsetzung), von *K. H. Zahn*. S. 289—576, mit 65 Einzelbildern in 18 Figuren, und S. 577—864, mit 63 Einzelbildern in 15 Figuren. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1921. Preis M. 136,— bzw. M. 124,—. 78. Heft: *Borraginaceae — Borraginoideae — Cynoglosseae* von *A. Brand*. 1921, 183 S., mit 197 Einzelbildern in 22 Figuren. Preis M. 144,—. 79. Heft: *Compositae — Hieracium* von *K. H. Zahn* (Forts.), S. 865—1146, mit 114 Einzelbildern in 20 Figuren, 1922. Preis M. 244,—. 80. Heft: *Orchidaceae — Monandrae, Tribus Oncidiinae — Odontoglosseae Pars II.* von *Fr. Kränzlin*, 1922, 344 S., mit 232 Einzelbildern in 29 Figuren. Preis M. 288,—.

Wieder liegen fünf stattliche, in rascher Folge erschienene Hefte des großen Werkes vor, ein erfreuliches Zeichen dafür, daß trotz der Not der Zeiten dieses von dem Altmeister und rüstigen Vorkämpfer der systematischen Botanik und Pflanzengeographie begründete weitausschauende Unternehmen, dessen Wert und Bedeutung naturgemäß mit jedem neuen Hefte wächst, in stetigem Fortschreiten begriffen ist. Drei von diesen neuen Heften enthalten die Fortsetzung der Zahnschen Hieracium-Monographie, die für sich allein schon eine riesige Arbeit darstellt und die bereits beim Erscheinen ihres ersten Teiles eingehender gewürdigt wurde (vgl. Jahrg. 1921, Heft 29 dieser Zeitschrift); unter Verweis hierauf genüge deshalb an dieser Stelle die Feststellung, daß die Gesamtzahl der beschriebenen Arten sich nunmehr auf 574 beläuft und daß damit neben der umfangreichen, 25 Sektionen enthaltenden Untergattung *Euhieracium* auch die beiden kleineren Untergattungen *Stenotheca* (vorwiegend amerikanisch) und *Mandonia* in fertiger Bearbeitung vorliegen. Liegen bei den Hieracien die besonderen Schwierigkeiten der systematischen Bearbeitung in der außerordentlich großen Zahl und dem Polymorphismus der Arten, so ergeben sie sich bei den Borraginaceen, von denen erstmals eine Unterabteilung in der Brandschen Cynoglosseen-Monographie zur Darstellung gelangt, vornehmlich aus der Frage nach der Abgrenzung und möglichst natürlichen Anordnung der Gattungen. Verf. hat hier den klaren und konsequenten Ausbau des Systems der Familie wesentlich gefördert, indem er einerseits gewisse Gattungen ausschloß, andererseits bestimmte Formenkreise als selbständige Gattungen abtrennte und endlich statt der Vergrößerung der Fruchtkelche, die bisher als Haupteinteilungsprinzip verwendet wurde, die Stellung des Griffels und die verschiedenartige Beschaffenheit des Fruchtknotens zur Blütezeit voranstellte, wodurch zugleich diejenigen Gattungen an die Spitze kommen, die das Bindeglied zu verwandten Unterfamilien darstellen. Was die geographische Verbreitung der Tribus angeht, so fehlen die Cynoglosseen in der arktischen und antarktischen Zone, außerdem im ganzen atlantischen Amerika östlich der Anden sowie in Westindien, kommen aber in sämtlichen Erdteilen vor. Das Hauptverbreitungsgebiet ist das Mediterrangebiet, wo, unter bedeutender Bevorzugung des östlichen Beckens, nahezu die Hälfte sämtlicher Arten vorkommt; verschwindend gering ist die Zahl der amerikanischen Vertreter, auch die Tropengebiete mit Ausnahme des tropischen Afrika, wo die Gattung *Trichodesma* mit der größten Zahl ihrer Arten sich findet, sind im ganzen nicht reich bedacht. Die große Gattung *Cynoglossum*, die der Gruppe den Namen gegeben hat, besitzt in sämtlichen Erdteilen Heimatsrecht; mehrere monotype Gatungen zeigen umgekehrt eine entsprechend enge Verbreitung, wobei *Myosotidium* als Endemismus der neuseeländischen Flora pflanzengeographisch von besonderem Interesse ist.

Die monographische Bearbeitung der Orchidaceen wird, wenn sie einmal abgeschlossen sein wird, wohl entsprechend dem ungeheuren, auf etwa 15 000 Arten zu schätzenden Artenreichtum dieser Familie, unter allen Monographien des „Pflanzenreiches" bei weitem den größten Umfang besitzen. Vorläufig liegt allerdings erst das fünfte ihr gewidmete, wieder von *Kränzlin* bearbeitete Heft vor, das indessen eine für sich allein schon recht ansehnliche Gruppe enthält; zählt doch die Gattung *Oncidium* mehr als 330 Arten, wozu noch *Cystochilum* mit 115 Arten und einige verhältnismäßig kleine, ebenfalls ausschließlich der Flora des tropischen Amerika angehörige Genera hinzukommen. Die Schwierigkeiten sowohl der Gattungsumgrenzung wie

ihrer systematischen Gliederung und der Begrenzung des Artumfanges komplizieren sich bei derartigen Formenkreisen naturgemäß in ganz besonderem Maße, und es kann daher nicht wundernehmen, wenn zwischen verschiedenen Spezialisten, die ja allein ein Urteil über diese Fragen haben, Meinungsverschiedenheiten über ihre zweckmäßigste und richtigste Lösung bestehen. Im vorliegenden Fall handelt es sich insbesondere um die vom Verf. vorgenommene Wiederherstellung der lange Zeit hindurch mit *Oncidium* vereinigt gewesenen Gattung *Cystochilum*, deren Berechtigung von anderer Seite bestritten worden ist und die daher den Verf. zu einer ausführlichen Begründung im allgemeinen Teil der Monographie nötigt. Im übrigen werden in diesem Teil noch besonders eingehend die Verhältnisse des Blütenbaues, die bemerkenswerteren Einzelzüge der geographischen Verbreitung und die Einteilung der Gattung *Oncidium* behandelt, bei welch letzterer Verf. der von *Lindley* aufgestellten, bisher üblich gebliebenen nur teilweise folgt, in erheblichem Umfange sich aber auch um die Aufstellung neuer, möglichst natürlicher Gruppen bemüht hat. Auf die Einzelheiten der systematischen Bearbeitung kann hier selbstverständlich nicht näher eingegangen werden; soweit Referent zu sehen vermag, hat der Verf. sich mit großer Sorgfalt und Gründlichkeit der gestellten Aufgabe unterzogen. Die große Zahl von Textabbildungen bringt in der Hauptsache Einzelheiten des Blütenbaues zur Darstellung, was bei den schwierigen Verhältnissen, um die es sich dabei gerade bei den Orchideen vielfach handelt, als besonders erwünscht bezeichnet werden muß.

W. Wangerin, Danzig-Langfuhr.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Vom Hören der Insekten (Bienen).

Dank dem ganz außergewöhnlichen und überaus dankenswerten Entgegenkommen des Experimentalphysikers Prof. *R. Pohl* und des physikalischen Institutes Göttingen sowie des Zoologen Prof. *A. Kühn* und des Zoologischen Institutes Göttingen wurde es mir ermöglicht, schon längere Zeit geplante Versuche zu beginnen über das Hören der Insekten, insbesondere der Bienen.

Als ich mich mit Herrn Prof. *Pohl* beraten wollte über die Verwendung von singenden Gasflammen usw. zu Dressurzwecken, machte er mich alsbald aufmerksam auf die mittels sog. Glühkathodenröhren erzeugten, fast beliebig variierbaren, im übrigen aber sehr konstanten Töne. Es erwies sich auch als besonders vorteilhaft, daß man hier mit dem gleichen Strom zwei und mehr Tonquellen gleichzeitig erregen und mit den äußerst handlichen Tonquellen sehr bequem experimentieren konnte.

Bei meinen Versuchen über das Formensehen und Farbensehen bei Bienen und Wespen hatte ich Erfahrungen gewonnen über Vorteile und einige verfeinerte Anwendungen der sog. Kästchenmethode, eines tierpsychologischen Wahlverfahrens, durch das *K. von Frisch* mit so großem Erfolge die experimentelle Sinnesphysiologie der Insekten studiert hat. Durch eine Fütterungsdressur versuchte ich nun, eine Verknüpfung der Sinneseindrücke „Futterquelle“ und (Dressur-) „Ton“ herzustellen. Die Tatsache, daß sich solch eine Verknüpfung bildet, ist nachgewiesen, wenn die dressierten Bienen beim Erklingen des betreffenden Tones sich verhalten wie beim *Vorhandensein* der betreffenden Futterquelle, andererseits aber beim *Fehlen* des betreffenden Tones sich verhalten wie beim Fehlen der betreffenden Futterquelle. Damit ist aber selbstverständlich auch bewiesen — weil etwas Tatsächliches eben auch immer etwas Mögliches ist —, daß die Verknüpfung auch *möglich* war, möglich deswegen, weil der *Sinneseindruck* (Dressur-) *„Ton“ überhaupt perzipiert* wird. Umgekehrt ist natürlich nicht alles, was an sich möglich ist, auch Tatsache. Es wäre z. B. an sich möglich, daß der Sinneseindruck (Dressur-) „Ton“ zwar perzipiert wird, eine Verknüpfung mit dem Sinneseindruck „Futterquelle“ jedoch nicht eintritt (mit *Kühn* etwa deswegen, weil die Blumen normalerweise wohl in Farben prangen und duften, jedoch nicht tönen), dann ließen sich die Bienen, obwohl sie hören, nicht nach unserem Verfahren dressieren und „ausfragen“: das Mißliche des negativen Versuchsausfalls.

Bei der Dressur diente als Futterquelle duftloses Zuckerwasser, dargeboten im Innern von zwei Dressurkästchen („+-Kästchen“). Die zugleich damit gebotenen Dressurtöne („+-Töne“) waren i. a. jene, welche im Bienenleben eine wichtige Rolle spielen. Sie ertönten in den Telephonkammern, die je verschiebbar hinter den zwei Dressurkästchen, jedoch in keinerlei fester Verbindung mit diesen Aufstellung fanden. Zwei Gegenkästchen („—Kästchen“), äußerlich genau so wie die andern, enthielten kein Futter, dafür den Gegenton („—Ton“), z. B. g_3, d_3. Bei einer größeren Versuchsreihe war der Gegenton: „stumm“. Sogenannte Verwechslungsversuche wurden noch nicht ausgeführt. Jedoch wurden auch Versuche angestellt, um Assoziationen zwischen „Futterquelle“ und „Nichttönen“ herzustellen. Der „+-Ton“ war in diesem Falle: stumm, der „—Ton“: d_3. Dies, um dem Vorwand zu begegnen, diese Tiere könnten eine mehr oder weniger angeborene Vorliebe haben für Töne, etwa wegen ihres Gemeinschaftslebens im summenden Bienenstock usw.

Bei den eigentlichen Versuchen wurden vier ganz neue duftlose Kästchen, unter sich und mit den Dressurkästchen übereinstimmend, verwendet. Keines wurde zur „Futterquelle“; jedoch wurde in zweien der Sinneseindruck (Dressur-) „Ton“ geboten, Telephonkammern besaßen alle, des gleichen Aussehens wegen.

Die Versuche zeigen alsbald, namentlich für den, der von Farbenversuchen herkommt und einige Erfahrung im Dressieren nach dem Kästchenverfahren besitzt, daß hier das *Auftreten von Assoziationen bei weitem nicht so deutlich sich ankündigt*, als etwa bei der Dressur auf einen bestimmten Geruch oder bestimmte Farbe oder bestimmten Ort.

Die meisten Versuche setzten sich aus 12 Zählperioden bei viermaligem planmäßigen Ortswechsel der Kästchen zusammen. Im ganzen wurden 5 Reihen von Versuchen angestellt, Reihe II und Reihe III (I) sollten entscheiden, ob die Bienen Töne besser perzipieren, wenn sie ihnen im Fußmarsch oder im Fluge sich nähern. Reihe V diente nebenbei auch dazu, um Anhaltspunkte darüber zu finden, ob Töne zwar perzipiert, aber nicht assoziiert werden. Der Ton d_2 (1164) diente dabei als „Scheuch“-Ton. Es scheint danach, daß das Nichttönen genau so assoziiert wird wie das Tönen. Ferner, daß das Tönen sowohl mit lustbetonten als mit unlustbetonten Eindrücken assoziiert wird, was natürlich von Bedeutung ist für die tierpsychologische Leistungsfähigkeit der vorliegenden Dressurversuche. Reihe IV sollte zeigen, wie weit die Bienen die verschiedenen Töne unterscheiden, gerade sie ist noch am wenigsten ausgebaut (war stark durch Unwetter gestört). Im ganzen wurden in 17

Versuchen und 159 Zählperioden 2076 Reaktionen verarbeitet. Die Versuchskästchen wurden also nicht gleichmäßig besucht, sondern auf 862 (100) —-Besuche kamen 1214 (140,8 %) +-Besuche. Dies Überwiegen ist verhältnismäßig gering, erscheint aber immerhin deutlich und nicht zufällig. Denn die zwei Versuche, welche negativ ausfielen, fielen nur schwach negativ aus und waren zu deutlich durch äußere Umstände gestört. Bei mehr als einer Versuchsreihe läßt sich auch bei fortschreitender Dressur eine durchschnittlich fortschreitende Verbesserung des Erfolgs herauslesen.

Diese Methode erscheint also, zumal da noch andere Mittel zur Ausschaltung der Ortsassoziation angewandt werden sollen, nicht unbrauchbar, um hinter die vielumstrittenen Geheimnisse des Hörens bei höheren Insekten an der Hand von Versuchszahlen zu gelangen. Und es ist deswegen aufs dankbarste zu begrüßen, daß die eingangs erwähnten verdienten Forscher der Sache auch weiterhin ihre Unterstützung zukommen lassen wollen und daß Herr Dr. *Kröning*, Assistent am Göttinger Zoologischen Institut, der selbständig den Gedanken geäußert hat, man könnte elektrische „Summer" zur Bienendressur verwenden, sich bei den Versuchen zu beteiligen bereit ist, um ihre breitere Fortsetzung (die nötig ist) zu ermöglichen.

Bisher nahm man, zumal in Züchterkreisen, an, daß der Hörsinn bei den Bienen, besonders bei der Verständigung der Stockinsassen und namentlich der Geschlechtstiere eine ganz überragende Rolle spielt. Für die Geschlechtstiere fehlen zwar noch Versuche (weil sie viel schwerer anzustellen sind), aber für die Arbeitsbienen ergibt sich aus Obigem, daß sie, der Reaktion nach zu schließen, die Töne überraschend schlecht assoziieren, also — dies also dürfte in Obigem mehrere Stützen finden — ein überraschend stumpfes „Gehör" besitzen[1]). Die Bienen sehen die Farben ähnlich gut wie der Mensch (*von Frisch, Kühn* und *Pohl*), sie riechen ähnlich gut wie der Mensch (*von Frisch*), *sie hörten aber nach Obigem viel schlechter als der Mensch.*

Berlin-Dahlem, den 30. Mai 1922.

Ludwig Armbruster.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

Über die Bildung einer Assoziation beim Regenwurm auf Grund von Dressurversuchen (*L. Heck*, Lotos, Prag 67/68, 1919/20). Nach einer 1912 im amerikanischen „Journal of animal behaviour" veröffentlichten Arbeit von *R. M. Jerkes* gelang es, einen Regenwurm durch Dressurversuche soweit zu bringen, daß er in einem einfachen Labyrinth einen durch eine Elektrode gesperrten Weg mied. Diese allmählich erworbene Gewohnheitshandlung wurde auch noch ausgeführt, als dem Tier die fünf ersten Segmente weggenommen wurden. Da es sich bei diesen Versuchen aber nur um ein einziges Individuum handelt, können die Resultate für theoretische Erörterungen kaum verwertet werden. Auf Veranlassung von *A. Kühn* (Göttingen) hat daher der Verfasser das Experiment in großem Maßstab und in exakter Weise an verschiedenen Regenwurmarten wiederholt.

Die Versuchsanordnung ist sehr einfach. Das Labyrinth besteht aus einer T-förmigen hölzernen Rinne, die oben mit abnehmbaren Glasplatten bedeckt ist. Durch die senkrechte Rinne, das Stammstück des T kriechen die Würmer ein. Bei Eintreffen am Querstück bieten sich zum Weiterkriechen zwei Möglichkeiten. Die Würmer können das Labyrinth nach links oder nach rechts durch das Querstück verlassen. Als Dressurreiz dient ein elektrischer Schlag, der die Würmer jedesmal dann trifft, wenn sie bei Dressur nach rechts z. B. eine bestimmte Stelle der linken Hälfte der Querrinne mit ihrem Vorderende erreichen.

Bei 500 Vorversuchen mit zehn verschiedenen Würmern ohne Einschalten des elektrischen Stromes verließen die Würmer die Rinne 259mal nach links, 241mal nach rechts. Daraus ergibt sich also, daß normalerweise keine Vorliebe für Links- oder Rechtswendung besteht.

Durch die eigentlichen Versuche werden drei Fragen entschieden: 1. Frage: „Ist der Regenwurm fähig, auf Grund bestimmter Erfahrungen eine Assoziation zu bilden?" Speziell für die gegebene Versuchsanordnung lautet die Frage: Gewöhnt sich der Wurm daran, nachdem er beim Einbiegen in die falsche Rinne immer wieder einen elektrischen Schlag bekommt, den Stamm der T-Rinne nach einer Reihe von Versuchen sofort nach der richtigen Seite zu verlassen? Die Frage ist mit Ja zu beantworten. Der Verlauf der Versuche, aus denen dies hervorgeht, ist kurz folgender: Die Regenwürmer, die ja versteckt in der Erde leben, gewöhnen sich zunächst an die veränderte Umgebung, an das Kriechen in der Rinne usw. Dann nach etwa 80 Versuchen hat sich eine „lockere Assoziation" gebildet. Die Würmer biegen zwar noch manchmal nach der falschen Richtung ein, aber nur unsicher tastend. Manchmal ziehen sie sich auch zurück und wählen den anderen Weg, ohne in die Nähe der Stelle gekommen zu sein, die den elektrischen Schlag auslöst. Endlich nach etwa 200 Versuchen ist eine „feste Assoziation" entstanden. Die Würmer biegen immer oder fast immer sofort nach der richtigen Seite in die Querrinne ein. Daß hier nun wirklich die Assoziation: Wendung nach einer bestimmten Seite — elektrischer Schlag, vorliegt, beweisen Umdressierungsversuche. Zwei Würmer, die etwa nach 160 Versuchen bei Dressur nach rechts die feste Gewohnheit angenommen haben, die Rinne nach rechts zu verlassen, wenden sich nach Umschalten des elektrischen Stromes auf die rechte Seite, also bei Dressur nach links, nach etwa 65 weiteren Versuchen mit derselben Sicherheit nach links, wie vorher nach rechts.

Geänderte Außenbedingungen oder neu auftretende innere Einflüsse (Erkrankung) können die gebildete Assoziation leicht übertönen oder gar zum Verschwinden bringen. Bei Temperaturen unter 10° gelingen Dressuren überhaupt nicht.

2. Frage: Ist das Oberschlundganglion zur Ausübung der assoziativ erworbenen Gewohnheit nötig? In unserem Falle: Behalten die dressierten Würmer ihre erworbene Gewohnheit, die Rinne nach einer bestimmten Richtung zu verlassen, bei, auch wenn ihnen das Oberschlundganglion entfernt wird? Auch diese Frage ist mit Ja zu beantworten. Denn die Entfernung des Oberschlundganglions nach gelungener Dressur verhindert die Würmer nicht daran, ihrer erlernten Gewohnheit auch fernerhin treu zu bleiben.

3. Frage: Ist das Oberschlundganglion überhaupt

[1]) Bei den selten fliegenden Saltorien (Orthoptera) konnte ich selbst, und zwar bei den Männchen, schön beobachten, daß sie gut hörten. Über das Hören bei Bienen vgl. auch *v. Buttel-Reepen* 1908 („Reflexmaschinen"), 1915 („Leben und Wesen"), und *Armbruster* 1921, Arch. f. Bienenkunde *II*, S. 26 f., Märk. Bienenzeitung 1920, S. 131 u. 132.

zur Bildung der Assoziation nötig? Also im vorliegenden Falle: Kann man einen Wurm, der kein Oberschlundganglion besitzt, in der obigen Weise dressieren? Auf die letztere Fassung dieser Frage lautet die Antwort: Ja! Das Oberschlundganglion ist also zur Bildung der Assoziation nicht nötig. Denn es gelingt sowohl Würmer zu dressieren, denen das Oberschlundganglion entfernt wird, wie solche, denen mehrere vordere ganze Segmente weggenommen werden.

Aus der Beantwortung der beiden letzten Fragen geht also hervor, daß die Ganglienkette des Bauchmarks eine wichtige Rolle spielt sowohl bei der Assoziationsbildung wie bei der Vollführung einer assoziativ erworbenen Gewohnheit.

Andreas Penners, Würzburg.

Über die flächenhafte Verbreitung der Pigmente in der Haut bei Menschen und Affen. (*K. Toldt jun.*, Bd. *61* der Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien, 1921.) *Toldt* unterscheidet in der Haut das Epidermispigment und das Kutispigment. Ersteres ist der in den Epithelzellen liegende Farbstoff, wie er in der Haut der farbigen Rassen, vornehmlich der Neger, zur Erscheinung kommt, letzteres die großen verzweigten dunklen pigmentkörnchenhaltenden Zellen in der Kutis, die von der menschlichen Haut her als die Elemente der Mongolen- oder Neugeborenenflecke am Kreuz und Gesäß neugeborener Kinder bekannt sind. *Toldts* Untersuchungen beziehen sich auf eine große Anzahl von Affenfellen, die vom Bauchbrustschnitt aus im ganzen abgezogen und frisch oder besser in getrocknetem Zustande von innen betrachtet wurden. Die Haarfarbe und die Pigmentierung durch die Haarwurzeln wurde weniger bei diesen Untersuchungen in Betracht gezogen. Auch sie bildet erkennbare Zeichnungen auf der Innenseite der Haut, die aber bei Tieren, die mausern können, wechseln, je nachdem die Haare im Wachstum begriffen sind und stark pigmentierte Wurzeln haben, oder ausgewachsen und dann mit ziemlich pigmentlosen Wurzeln versehen sind, je nachdem das Stadium der Mauserung oder des Haarstillstandes angetroffen wurde. Über letztere Zustände bringt *Toldt* von Hauskaninchen und Feldmäusen sehr hübsche, belehrende Bilder bei. Bei Affen fehlen die Mauserungsunterschiede, vermutlich mausern diese nicht in erkennbarer Weise. Von Affen standen *Toldt* 46 Felle zur Verfügung. Die Epidermispigmentierung der Affenhaut erscheint grau am frischen Fell, schwärzlich am getrockneten. Die Kutispigmentierung ist bläulich in frischem Zustande und dunkler schwarz nach der Trocknung. Die Grenzen der Epidermispigmentierung sind weniger scharf als die der Kutispigmentierung. Eine bestimmte Beziehung zwischen Farbe des Haarkleides und Epidermispigmentierung besteht weder bei Affen noch bei anderen Säugetieren. An dicht und dunkel behaarten Stellen kann die Haut hell oder dunkel sein, und ebenso bei schütterer heller Behaarung. Bei dunkler schütterer Behaarung wurde bisher nur dunkle Haut gefunden. Die Dunkelheit der Epidermiszeichnung wechselt bei derselben Art individuell. Im allgemeinen ist der Bauch dunkler als der Rücken im Gegensatz zu den Angaben von *Adachi*, der aber Epidermis- und Kutispigment nicht voneinander unterscheidet. Aber beim Orang und beim Menschen ist der Rücken im allgemeinen dunkler. An den Gliedmaßen ließen sich regelmäßige allgemeine Verhältnisse nicht feststellen. Die Verteilung der Epidermispigmente ist bei den verschiedenen Affenarten verschieden, aber bei jeder Art konstant, nur unterschieden nach Ausdehnung und Intensität. Die Kutis- (Korium-) Zeichnung besteht aus dem mehr oder weniger dichten Netzwerk der großen tiefliegenden Pigmentzellen. Während die Epidermiszeichnung manchmal die ganze Haut umfaßt (Orang, Mensch), ist dies bei der Koriumzeichnung nie der Fall. Sie ist beim Orang auch weitausgedehnt, ebenso beim Hamadryas; hier ist sie stellenweise (Bauch) dunkler, und mit dunkleren Flecken an den Armen versehen. Bei diesem 1. Typus sind Kopf und Innenseite des Gliedmaßenansatzes licht. 2. Typus: Pigmentierung des Rückens. Übergang von 1 zu 2 Theropithecus obscurus mit teilweiser Pigmentierung der Bauchhaut. Die Rückenpigmentierung zieht sich bis auf einen medianen Rückenstreifen zurück (Mandrill). Typus 3 ist Pigmentierung der Bauchhaut, Übergang von 1 zu 3 stellt Cercopithecus dar, ein Negativ zur Zeichnung des Mandrill. Zum Schluß (bei Cercopithecus aethiops) ist Kopf und Rücken licht, Bauch und Glieder dunkel. Typus 4 ist Pigmentierung der Flanken, bei dem Bauch und Rückenmitte licht ist. Das Gegenstück, Typus 5, ist der Magot mit dunklem Bauch und dunklem Rückenmittelstreif. Bei diesem Tier, von dem 10 Häute vorhanden waren, ist eine große Variabilität in der Stärke der Färbung zu finden. Bei ihm tritt, wie beim Orang, ein heller Streifen jederseits von der Bauchmittellinie auf und geht in lichte Streifen an der Innenseite der Beine über (Typus 6). Beim Orang, Typus 7, fehlen die Streifen beiderseits der Rückenmittellinie. Typus 8, Cercopitheus variegatus, hat nur dunklen Rückenstreifen, zwei dunkle Seitenstreifen, während der Rest des Rückens und der Bauch hell sind. Typus 9 ist am Rumpf ganz frei von Koriumpigment, die Extremitäten enthalten welches. Das Koriumpigment des Menschen (Mongolenflecke) sitzt am Rücken, besonders in seinen hinteren Partien. Aus ihm ließe sich wohl der ursprüngliche Zeichnungstypus des Menschen rekonstruieren und in einen der Typen einordnen. Eine ähnlich geringe und gleichlokalisierte Anordnung hat das Koriumpigment des fetalen Schimpansen. Die Halbaffen und die übrigen Säugetiere scheinen keine Koriumpigmentzeichnung zu besitzen, es wäre diese demnach auf die Affen beschränkt und kommt sowohl bei neu- wie bei altweltlichen Affen vor. Korium- und Epidermiszeichnung haben zuweilen dieselben Grenzen, meistens aber nicht. Betrachtet man beide Pigmentarten nebeneinander, so gibt es Affen mit folgenden Pigmentierungskombinationen:

1. solche mit allgemeinverbreitetem Epidermispigment oder mit stellenweisem Epidermispigment, aber fast ohne alles Koriumpigment;
2. solche fast ohne Epidermispigment, aber mit Koriumzeichnung;
3. solche mit völliger oder teilweiser Epidermispigmentierung und mit Koriumzeichnung.

Der erwachsene Mensch gehört in die erste, der neugeborene mit Geburtsflecken in die dritte Gruppe.

Die dritte Hautzeichnung, welche durch die Haare bedingt ist, kann weit schwerer nur systematisch bearbeitet werden, weil diese Färbung nach Haarwachstum und Alter des Tieres individuell wechselt.

Die Zeichnung der Affen, und zwar alle drei Arten von Hautfärbung, Epidermis-, Korium- und Haarfarbe, verläuft im allgemeinen in der Längsrichtung des Körpers und der Gliedmaßen. Dies ist für den Vergleich mit pathologischen Pigmentierungen des Menschen (Naevuspigmentierung) von Wichtigkeit.

P.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.